

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física



TESIS DOCTORAL

Propuesta de una red de áreas naturales protegidas para el Ecuador continental

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Iván Bladymir Morillo Villarreal

Director
Raimundo Outerelo Domínguez

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA



**PROPUESTA DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS PARA EL ECUADOR CONTINENTAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

Presentada Por

Iván Bladymir Morillo Villarreal

Bajo la dirección del doctor

Raimundo Outereelo

Madrid 2013



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Biología

Departamento de Zoología y Antropología Física

**PROPUESTA DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS PARA ECUADOR CONTINENTAL**

Memoria presentada por Iván Bladymir Morillo Villarreal,
para optar al grado de

Doctor en Ciencias Biológicas.

Dirigida por el Dr. Raimundo Outerelo, de la
Universidad Complutense de Madrid.

Madrid, octubre de 2014

El doctorando

VºBº del director

Iván Morillo Villarreal

Dr. Raimundo Outerelo



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Biología

Departamento de Zoología y Antropología Física

**PROPUESTA DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
PARA ECUADOR CONTINENTAL**

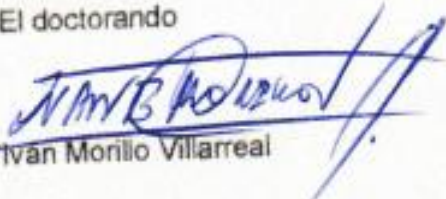
Memoria presentada por Iván Bladymir Morillo Villarreal, para
optar al grado de

Doctor en Ciencias Biológicas.

Dirigida por el Dr. Raimundo Outerelo, de la
Universidad Complutense de Madrid.

Madrid, octubre de 2014

El doctorando


Iván Morillo Villarreal

VºBº del director


Dr. Raimundo Outerelo

A la eterna memoria de mis padres, Luis e Isabel.

A André, Vladimir y Luis Antonio.

A los hermanos y sobrinos.

Agradecimientos - Acknowledgements

El cursar los estudios doctorales y la elaboración de una Tesis Doctoral, en las condiciones en que personalmente los realicé, no es una tarea que se pueda realizar solo, afirmar lo contrario sería faltar a la verdad, entonces, en mi caso debería expresar mi agradecimiento a decenas de personas que de una forma u otra han tenido que ver con la realización de los estudios doctorales y la realización de esta Tesis, por lo que desde ya presento mi disculpa si alguien que debiendo constar no lo está.

En primer lugar extiendo mi agradecimiento al Dr. Raimundo Outerelo, por haber aceptado la Dirección de esta tesis, así como la dirección del trabajo para la fase del Diploma de Estudios Avanzados, (DEA), su gran calidad humana, su amabilidad y espíritu de colaboración, lo hacen depositario de mi agradecimiento imperecedero.

Muchas instituciones son entes que tienen identidad propia, este es el caso de la Universidad Complutense de Madrid, y su Facultad de Biología, y al Departamento de Zoología y Antropología Física, por lo que agradezco de manera general a toda la planta docente, y de manera particular al Dr. José Luis Telleria, al Dr. Tomás Santos, al Dr. Javier Pérez Tris, al personal administrativo, de manera particular a Rosa y María Ángeles.

A la Ingeniera Geógrafa, Carolina Guevara, joven y brillante profesional por su asistencia y apoyo técnico, con los mapas, sus recomendaciones y sugerencias, así como por su paciencia en todos los cambios que se hicieron para actualizar en lo posible los mapas y ejecución de los programas informáticos.

La posibilidad de asistir a la Universidad Complutense de Madrid a realizar los estudios doctorales fue factible gracias a la conjunción de varios hechos y personas; la gestión y trabajo del Dr. Jesús Muñoz Fuente, quien determinó que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, a través del Real Jardín Botánico de Madrid, del cual hoy es su Director, hagan una realidad estos estudios. En este mismo sentido a la Dra. Olga Martha Montiel, del Jardín Botánico de Missouri, y a los colegas y amigos, Dr. David Neill y Mercedes Asanza.

Para el desarrollo y ejecución de la Tesis, a Fundación Jatun Sacha, a su personal técnico y administrativo, por su apoyo y comprensión.

Por su colaboración en varios de los trámites y soportarme en su casa en Madrid a Doña. Purita Llorente.

A Geovy Coello por su colaboración y ayuda en la revisión de las traducciones así como en la edición de estilo de esta Tesis.

Y Finalmente a mis hijos, André. Vladimir, y Luis Antonio, por su amor, comprensión, paciencia y cariño, así como por el tiempo que no estuve con ellos mientras hacía los estudios en Madrid y desarrollaba esta Tesis Doctoral.

Muchas gracias.

Índice de Contenidos

Agradecimientos - Acknowledgements	vii
Índice de Contenidos	ix
Índice de Gráficos.....	xii
Índice de Mapas	xiii
Abstract	15
Resumen	20
1.1 Antecedentes	25
1.2 Justificación	26
1.2.1 La Necesidad de Una Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental	26
2. Objetivos	27
2.1 Objetivo General	27
2.2 Objetivos Específicos.....	27
3. Revisión de conceptos y líneas directrices metodológicas	28
3.1 Áreas Naturales Protegidas	28
3.1.2 Cambio Climático, Bosques y Áreas Protegidas	28
3.1.3 Importancia de las Áreas Protegidas ante el Cambio Climático.....	29
3.1.4 Función Ecológica de las Áreas Naturales Protegidas	29
3.1.5 Función Social de las Áreas Naturales Protegidas.....	31
3.1.6 Función económica de las Áreas Protegidas	32
3.1.7 Áreas Protegidas y Paisaje.....	33
3.1.8 Red de Ecosistemas - Red Áreas Protegidas	34
3.1.9 Ordenación de Áreas Protegidas.....	34
3.1.10 Pérdida de hábitat en la biodiversidad	35
3.1.11 Conservación y Planificación de Áreas Naturales Protegidas	36
3.1.12 Redes Funcionales de Áreas Naturales Protegidas	37
3.2.1 El diseño de los corredores	39
3.2.3 Conectividad Biológica a través de los Corredores	40
3.2.4 Establecimiento de Núcleos prioritarios de conservación para las Redes de Conectividad.....	41
3.4 Conectividad a través de las cuencas hidrográficas.....	43
3.5 Herramientas de análisis para el diseño de rutas de conectividad.....	44
3.5.1 Análisis Multicriterio	45
3.5.2 Los (SIG) Sistemas de Información Geográfica.....	45

3.5.3 MARXAN como Instrumento de Diseño de Redes de Áreas Naturales Protegidas	46
3.5.4 Interrogantes que MARXAN puede ayudar a resolver	47
3.5.5 La función objetivo	47
3.5.6 Pre-procesamiento de la información.....	49
3.5.7 Seleccionar las unidades de planificación	49
3.5.8 Determinar la distribución de los objetos de conservación.....	50
3.6 Las Áreas Naturales Protegidas en el Ecuador. SNAP	50
4. Materiales y Métodos.	53
4.1 Área de Estudio	53
4.1.2 Áreas Naturales Protegidas del Patrimonio Nacional del Estado (PANE) y Bosques Protectores.....	54
4.1.3 Ecosistemas del Ecuador Continental	63
4.1.4 Los Sistemas Hidrográficos del Ecuador	66
4.2 Metodología	70
4.2.1. Etapas En La Planificación Sistemática Para La Conservación De La Biodiversidad Aplicadas para la Propuesta de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental.....	70
4.3 Diseño de la red de conectividad biológica.....	71
4.3.1. Áreas protegidas y núcleos de hábitat prioritarios a conectar	73
4.3.2 Priorización de las unidades de paisaje presentes en el área de estudio de acuerdo a su valor para la conectividad estructural	75
4.3.3 Modelación de la Red de Conectividad Biológica	78
4.4 Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador Continental	79
4.4.1 Metodología para determinar áreas básicas para la conservación	80
4.4.2 Riqueza probable de especies.....	83
4.5 Diseño de la Red de Conectividad	93
4.5.1 Metodología Con Marxan	93
4.5.2 Base Informativa del Proyecto	93
4.5.3 Especies Símbolo (Vertebrados).....	95
4.6 Metas de Conservación	101
Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012.....	105
4.7 Definición de metas cuantitativas referidas al tamaño mínimo, la conectividad y otros criterios asociados con el diseño de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental.....	105
4.8 Análisis Multicriterio para Parches o Núcleos Prioritarios de Conservación	115

4.8.1 Cálculo del Índice de forma.....	116
4.8.2 Algebra De Mapas	121
4.9 Selección de Áreas de Conservación Adicionales por Regiones, considerando las Cuencas Hidrográficas	122
4.10 Archivo De Unidades De Planificación	124
4.11 Identificación de la Unidad de Planificación	124
4.11.1 Costo de las Unidades de Planificación	125
4.12 Metodología para obtener el costo de desplazamiento de las especies en la Red de Áreas Naturales Protegidas	126
4.13 Uso Adecuado y Conflictos de Uso de la Tierra	130
4.14 Resultados de Análisis Multicriterio:.....	134
4.15 Condición de la Unidad de Planificación	134
4.16 Aplicación Metodología MARXAN	136
4.16.1 Objetos De Conservación - Ecosistemas	136
4.16.2 Meta Cuantitativa de Representación del Objeto (Target).....	137
4.16.3 Penalidad y Factor de Penalidad de Especies (Spf)	137
4.17 Objetos de Conservación - Especies Símbolo:.....	138
4.18 Vertebrados.....	138
4.19 Archivo de Unidades de Planificación versus Objetos de Conservación.....	139
4.20 Longitud de Frontera.....	140
4.21 Ejecución Del Marxan.....	140
5. Resultados	142
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
6.1. Conclusiones.....	159
6.2. Recomendaciones	160
Bibliografía General.....	161

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de Corredores en Conservación y sus características	39
Tabla 2. Áreas Naturales Protegidas del Estado, Superficie en Has.....	54
Tabla 3. Áreas Naturales Protegidas del Ecuador Continental con la Codificación Para este Proyecto, Superficie en Has	56
Tabla 4. Bosques Protectores del Ecuador Continental, superficie en Has	57
Tabla 5. Ecosistemas del Ecuador Continental.....	63
Tabla 6. Principales cuencas hidrográficas del Ecuador.....	66
Tabla 7. Cuencas Hidrográficas del Ecuador Continental.....	67
Tabla 8. Especificaciones Técnicas del Mapa Base.....	72
Tabla 9. Criterios y variables usados para la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios	74
Tabla 10. Ponderación para calcular el mapa de superficie de costos	78
Tabla 11. Cobertura de las Áreas Intervenidas o Antrópicas	94
Tabla 12. Espacios no Intervenidos o Naturales	94
Tabla 13. Pisos Zoo-geográficos Del Ecuador.....	96
Tabla 14. Especies Símbolo	97
Tabla 15. Especies Símbolo, su Distribución, su Estatus, Características como Indicadores en Cuanto a la Salud de los Hábitats.....	98
Tabla 16. Categorías de Conservación para la fauna de acuerdo a la UICN.	102
Tabla 17. Estatus de Conservación y Metas de Conservación de Fauna.....	102
Tabla 18. Metas de Conservación de los Ecosistemas en la RED de Áreas Naturales Protegidas	103
Tabla 19. Porcentaje y Ponderación de las Variables consideradas para la conectividad de la Red	105
Tabla 20. Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie en Hectáreas	106
Tabla 21. Valores de Unidad de Planificación	135
Tabla 22. Resultados por superficie en Hectáreas de las Áreas Protegidas que se Incorporarían a la Red por Subregión	144
Tabla 23. Resultados Integrados de MARXAN con respecto a la incorporación de Ecosistemas a la Red de Áreas Naturales Protegidas	154

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Tres tipos posibles de unidades de planificación que se pueden utilizar con Marxan.	49
Gráfico 2. Aspectos Metodológicos de las Etapas Desarrolladas.....	71
Gráfico 3. Proceso para establecer los Hábitats Prioritarios.....	75
Gráfico 4. Proceso para establecer la dificultad al desplazamiento en cada unidad de Área en la matriz	78
Gráfico 5. Ejemplo de Grilla utilizada que representa una superficie de 25 Has, en forma de hexágonos, cobertura a nivel nacional	124

Índice de Mapas

Mapa 1. Área de Estudio. Ecuador Continental	54
Mapa 2. Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Estado. PANE	56
Mapa 3. Bosques Protectores de Ecuador Continental	62
Mapa 4. Áreas Naturales Protegidas y Bosques Protectores, del Ecuador Continental	62
Mapa 5. Ecosistemas del Ecuador Continental	66
Mapa 6. Cuencas Hidrográficas del Ecuador Continental	69
Mapa 7. Riqueza Probable de Aves	84
Mapa 8. Riqueza Probable de Anfibios	85
Mapa 9. Riqueza Probable de Mamíferos	86
Mapa 10. Riqueza Probable de Aves, Anfibios Y Mamíferos	87
Mapa 11. Riqueza Probable de Plantas	88
Mapa 12. Riqueza Probable De Aves, Anfibios, Mamíferos Y Su Relación De Exclusión E Inclusión En Áreas Naturales Protegidas	90
Mapa 13. Pisos Zoo-geográficos de Ecuador Continental	97
Mapa 14. Cobertura de especies Símbolo como Objetos de Conservación	101
Mapa 15. Cobertura Natural (Bosques Naturales) del Ecuador Continental	116
Mapa 16. Índice de Forma Para Establecer La Prioridad de Conservación de la Red de Áreas Naturales en el Ecuador Continental	117
Mapa 17. Influencia de la Altitud En La Cobertura Vegetal del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	117
Mapa 18. Influencia de las Vías Sobre la Cobertura Natural del Suelo Del Ecuador Continental, para Establecer la Prioridad de Conservación	118
Mapa 19. Influencia de los Campos Petroleros sobre la Cobertura Natural del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	118
Mapa 20. Influencia de los Ríos Sobre la Cobertura Natural del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	119
Mapa 21. Influencia de los Centros Poblados Sobre la Cobertura Natural del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	119
Mapa 22. Influencia del Oleoducto en la Cobertura Natural Del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	120
Mapa 23. Influencia de los Campos Mineros en la Cobertura Natural Del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación	120
Mapa 24. Resultado del Análisis Multicriterio Para Establecer Los Parches Prioritarios de Conservación del Ecuador Continental	121
Mapa 25. Mapa Base De Cuencas y Subcuencas Hidrográficas del Ecuador Continental	122
Mapa 26. Resultado - Ocho Regiones de Conectividad y Conservación Para la Red de Áreas Naturales Protegidas. De Acuerdo a las Cuencas Hidrográficas	123
Mapa 27. Resultado. Veinticuatro Subregiones de Conectividad y Conservación Para la Red de Áreas Naturales Protegidas. De Acuerdo a las Cuencas Hidrográficas	123
Mapa 28. Valoración de la Cobertura vegetal con respecto a la dificultad de desplazamiento de las especies del Ecuador Continental	127
Mapa 29. Valoración de Distancia a Ríos Para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental	128
Mapa 30. Valoración de Distancia a Ríos para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental	129
Mapa 31. Valoración de la Distancia a Poblados Para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies En Ecuador Continental	130

Mapa 32. Conflictos de Uso de Suelo en Ecuador Continental.....	131
Mapa 33. Valoración de la Cobertura Vegetal Para Establecer la Dificultad de Desplazamiento de Las Especies En Ecuador Continental	132
Mapa 34. Valoración de la Calidad del Paisaje Para Establecer la Dificultad de Desplazamiento de Las Especies En Ecuador Continental	132
Mapa 35. Valoración de las Amenazas Para la Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental.....	133
Mapa 36. Costo del Desplazamiento de Especies en el Ecuador Continental	134
Mapa 37. Status de la Unidades de Planificación	136
Mapa 38. Núcleos de Conservación y Distribución de Especies Símbolo como Objetos de Conservación	138
Mapa 39. Núcleos de Conservación y Distribución de Vertebrados como Objetos de Conservación	139
Mapa 40. Proceso de las subregiones para Incorporar Áreas de Conservación y la Conformación de la Red de Áreas Naturales protegidas del ecuador Continental	141
Mapa 41 Ejemplo de proceso de las subregiones con las Áreas de Conservación Incorporadas Para la Conformación de la Red de Áreas Naturales protegidas del ecuador Continental	142
Mapa 42: Áreas a ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	145
Mapa 43 Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	146
Mapa 44. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	147
Mapa 45. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	148
Mapa 46 Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	149
Mapa 47: Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	150
Mapa 48. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	151
Mapa 49. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental.....	152
Mapa 50. Red de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador Continental.....	153

PROPOSAL FOR A NETWORK OF PROTECTED NATURAL AREAS FOR CONTINENTAL ECUADOR

Iván Morillo Villarreal

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN
Tutor: Dr. Raimundo Outerele

Abstract

The Project “**Proposal for a Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador**” is based on a series of investigations that establish Ecuador as a mega diverse country and as an ideal area for the establishment of a network of Protected Natural Spaces by means of biological corridors between different conservation categories, with the goal of avoiding the isolation of the ecosystems found in all parts of the country and whose conservation is of great importance.

The proposed connectivity network brings together the ecosystems present at different altitudes, from sea level (0 m) to 6,310 meters above sea level (including Chimborazo Volcano, which in turn is part of the Chimborazo Fauna Production Reserve)¹, a factor which takes into account the altitudinal gradient as a design criterion in relation to the vulnerability of the ecosystems to climate change (Guerrero 2004). The function of the corridors as an adaptation measure in the face of the effects of climate change would be to reduce the demands of species dispersal (IPCC 2002) resulting from the alteration of the habitat distribution of many species, which in turn would result from changes in the distribution of temperatures and precipitation expected as an effect of climate change (Malcolm et. al. 2002 and Williams et. al. 2004).

The sites to be connected constitute a network of all the protected natural areas according to the structure of the National System of Protected Areas, known as SNAP (four subsystems) in all of continental Ecuador: 40 continental State Protected Natural Areas (PANE) as well as natural areas managed by local governments, community protected natural areas, private reserves and protective forests. Most of these areas have been considered conservation priorities, according to a prioritization strategy of selecting various sites throughout the country.

Among the most biologically significant aspects, according to Russel Mittermeier, are as follows: Ecuador is among the 17 most mega diverse countries on the planet, has more than 18,198 vascular plants, according to the Catalogue of Vascular Plants edited by David Neill² and Carmen Ulloa, (2011), of which 17,683 are native, 5400 species are considered endemic, including 719 species new to science, and 421 new records for the country. The country's vertebrate fauna, excluding fish, represent 11.47% of the planetary total, including 1,620 bird species, 448 amphibian species, 390 reptile species, 369 mammal species, making Ecuador the fourth most diverse country in the world for vertebrates. Moreover, the country is noteworthy for its level of endemism at 15.6% of the planetary total. Broken down by taxonomic groups, Ecuador has 60% of the world's endemic amphibians (240 species of the national Ecuadorian territory total), 30.5% of endemic reptiles (114 species of the national Ecuadorian territory total); in the case of birds and mammals, the percentages are lower, but nonetheless significant.

¹ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito – Ecuador. 2013.

² Neill.D. & Ulloa. Carmen. Adición al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, Publicado por Fundación Jatun Sacha, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Misouri Botanical Garden. Quito – Ecuador. 2011

The map of continental Ecuador's ecosystems published by the Ministry of Environment in 2013³ presents 90 types of vegetation, including among others: tropical rainforests, tropical dry forests, xerophyte scrub, montane forests, moors and mangroves. (According to the MAE vegetation map, there are evergreen forests, flooded forests, semi-deciduous forests, deciduous forests, scrubland, grasslands, moorland, and mangroves). All this ecosystemic diversity results from a climatic variety influenced, in turn, by factors such as the Andean mountain range, the location of the country on the equatorial line, the circulation of atmospheric currents of both the Pacific Ocean and the Amazon region, and the presence of oceanic currents such as the cold Humboldt current and the warm El Niño current.

The Proposal for a Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador was developed in its first phase with the project submitted for the Diploma of Advanced Studies (DEA) in Madrid Complutense University: "Identifying Areas of High Biodiversity as a basis for designing a basic Conservation Areas Network in Ecuador", focusing on identifying new areas for conservation and expanding some of the already existing areas within the Protected Areas System (SNAP) of continental Ecuador, based on ecological and landscape criteria and on the real potential for conserving those areas.

Records of fauna and flora were included in this project. With respect to vertebrate fauna, distribution maps of species the classes birds, amphibians and mammals were included: included were records of 448 amphibian species, 1613 bird species and 365 mammal species, mainly extrapolated from the database of NatureServe⁴, as well as from various Ecuadorian databases, principally those of the Jatun Sacha Foundation – CDC alliance (Quito, Ecuador). With respect to flora, there were included floristic and geographic data and distribution maps created by the project "Impact of climate change on biodiversity: the case of Ecuador" (Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, Jesús Muñoz, Tania Delgado y Rubén G. Mateo del Real Jardín Botánico de Madrid, 2007). The floristic data came from the Tropics database, developed and maintained by the Missouri Botanical Garden and provided by the National Herbarium of Ecuador conjointly with Foundation Jatun Sacha. Six families of vascular plants (Araceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Leguminosae) and several moorland species corresponding to different families were used for the analysis. A total of 413 species have been modeled (17,717 records). These families were chosen because they share and represent a large variety of habitats that make them good indicators of diversity patterns and representative of almost all of Ecuador's ecosystems. (J Muñoz & T. Delgado, R. Mateo, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007)⁵

After a process of compiling information from various applications and studies of distribution, wealth, endemism and modeling using ArcView 3.2, the sum of the models of presence/absence and of probability of all of the species that were taken into account was done.

Lastly, the sum of the layers of the fauna maps was produced: amphibians, birds and mammals, as well as those of flora, with the base map of the territorial division of continental Ecuador by cantons, in order to relate the most biologically rich sites with the territorial administration of the country. The sum of maps of probable wealth of fauna in relation to the Protected Natural Areas System (SNAP) was used in order to establish the inclusion-exclusion of these taxa in/from the SNAP. The sum of all the models of probability suitability makes it possible to produce maps of probable wealth. In these resulting maps are observed the areas with the most probable wealth.

³ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Mapa de Ecosistemas. Quito – Ecuador. 2013.

⁴ NatureServe, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, Registros disponibles de las especies para cada país (<http://infonatura.natureserve.org>).

⁵ Muñoz. J & Delgado. T, Mateo. R, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007.

The analyses performed make it possible to identify the northern Amazon as the most biodiverse area of the country, possessing valuable remnants of flora and fauna that are worth preserving.

By doing the sum of the models of probable wealth, those cantons exhibiting the probable wealth of birds, amphibians, mammals and plants, and which therefore deserve to enjoy a high conservation priority, are: Joya de los Sachas, Orellana, Shushufindi, Aguarico, Arajuno, Archidona, Cascales, Cuyabeno, El Chaco, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Taisha, Tena in the areas of the Cuyabeno Wildlife Reserve and its buffer zones, and the Yasuni National Park. It should be noted that a large part of these areas are outside of the Protected Natural Areas. Toward the south, other important areas of probable wealth of fauna are recorded in the following cantons such as Pastaza, Huamboya, Morona, Tiwintza, Sucúa Limon Indanza, Nangaritza Paquisha, among others. In the highlands, the cantons that record a high level of probable wealth of fauna are Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Quito, Cotacachi, Tulcán. On the coast, the cantons: San Lorenzo, Rio Verde, Esmeraldas, Quininde, El Carmen, Chone, Atacames, Muisne, Pedernales, La Concordia, Eloy Alfaro, among others.

In considering the inclusion and exclusion of species in relation to the Protected Natural Areas, the areas that should be considered high priority for conservation are made up of the majority of forest remnants of the Eastern Cordillera. These are found mainly in the National Parks Podocarpus, Sangay, Llanganates, Sumaco-Napo-Galeras, and the Antisana and Cayambe-Coca Ecological Reserves and their buffer zones.

Areas identified as being high priority for conservation should be integrated through the establishment of a Protected Natural Areas Network that includes all representative ecosystems and forest remnants, as well as the fragmented forests of continental Ecuador, making possible an eco-systematic management of biodiversity, treating the landscape in an integral way.

Based on the work done for the Diploma of Advanced Studies (DEA), High Biodiversity Areas were identified as the basis for the design of a Basic Area Network for the Conservation of Ecuador, followed by a second phase in which the Proposal for a Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador was developed.

The present research project covers all of continental Ecuador, an area of 256.370 km². The four subsystems of the SNAP have been taken into account: the 40 Protected Natural Areas of the PANE that have been declared up to 2013, Protected Natural Areas of Decentralized Governments, Community and Private Protected Natural Areas, as well as so-called Protective Forests and, under consideration, some kind of mechanism to conserve 56,320 km², makes Ecuador one of the countries with the largest amount of protected territory in the world.

The methodology used for the design of this network of ecological conservation – Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador – is based on cost-effective planning criteria (Poiani et al., 2000). Representativeness refers to the degree to which the Protected Areas system protects the entire field of spatial scales and of the biological organization of biodiversity (Poiani et al., 2000, Margules y Pressey 200), prioritizing those areas that have the greatest tendency toward stability and thus greater fitness for conservation. In this regard, methodologies of lower cost-distance used in the design of the ecological network for the connectivity of the Florida were adopted (Hector 2000).

A new element of substantive contribution of this project is the establishment of the Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador, taking into consideration the Biological

Corridors formed by the Hydrographic Watersheds and Sub-watersheds that have their origin in the mountain formations of the Andes Cordillera, both on its western and eastern flanks.

For this proposal for the Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador, socioeconomic aspects have also been considered, related to the pressures and threats that affect the Protected Natural Areas as a whole. The main sources of these pressures that have been taken into account are: roads that have a part in the fragmentation of habitats, areas of oil and mineral exploitation, dams and hydroelectric projects, settlement areas and urban expansion, and the pressure brought to bear by agricultural practices that are not compatible with conservation. The proposed network also takes into account an already existing proposal for Biological Corridors and Biosphere Reserves.

The cores of priority habitat for conservation were identified in the interior areas greater than 25 hectares (considering that the project is developed at the level of the whole national territory), patches of natural cover: 45 PANE Natural Protected Areas, with an area of 5,005,938 hectares, and 175 protective forests, covering an area of 2,179,795.10 hectares, as well as a combination of interior areas of coastal type mangrove patches and of forest remnants scattered throughout the country.

In order to select the priority patches, an approximation of their value for structural connectivity is used, applying a model of multi criteria analysis (adapted from Hctor et. al. 2000), in which are integrated the analysis of the landscape as indicator of their habitat quality, an approximation of their vulnerability and the degree of threat they face, all of which were included in the analysis with the Arc-GIS software and later with Marxan.

Shape and size were the variables considered in the analysis of the landscape. These two variables, from the theory of Island Biogeography, were implemented to identify priority habitat cores. Patches with a minimum of 25 hectares (albeit with minimum priority) were accepted for the identification of priority habitat cores, totaling 200,237.52 polygons for the entire national territory.

The Ecosystem Map published by the Ministry of the Environment in 2013 was also used in the analysis. According to this official eco-systemic classification, continental Ecuador exhibits 90 eco-systemic formations, classified as: evergreen forests, flooded forests, semi-deciduous forests, deciduous forests, scrubland, grasslands, moorland, and mangrove distributed in the three continental geographical regions of the country.

With respect to the vertebrate fauna, in addition to the maps of identification of conservation priority areas, developed on the basis of the records of amphibian, bird and mammal distribution, 31 symbol species were considered. The characteristics of these species were viewed from both a biological viewpoint and in terms of their historical-cultural context, and at the same time they were characterized as conservation targets, forming the basis for the development of partial maps with which to apply the Marxan algorithm. The map of the symbol species as conservation targets has been developed on the basis of the Floors Zoo-geographic proposal of Albuja et. al.

Moreover, for these symbol species are considered status (categories of the UICN), their abundance, as well as their distribution and principally their ecological role since the majority of them are indicators of habitat quality. In this sense, emphasis was placed on the fact that losing the presence of a species means the total disappearance of a link in the chain that connects all living beings, including humans, with the planet.

This project has been developed using software systems and programs such as el Arc-Gis 10.1 with its various extensions and tools, for example, SpatialAnalysis and *its* tools EuclideanDistance and Algebra Map, and most importantly the MARXAN program, developed

and produced by researchers of the University of Queensland in Australia. These programs have been the proposal's most important methodological and instrumental base.

A Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador, obtained from the Multicriteria Analysis and the application of MARXAN, integrates the current Protected Natural Areas that make up the SNAP with its four subsystems together with the incorporation of new Natural Areas that include, among other structures, many of the Protective Forests as well as other areas that are not included in any conservation or forest management category. Within these areas to be incorporated are found some ecosystems that are not included in the Protected Areas, thereby filling ecosystemic conservation gaps.

The Network of Protected Natural Areas proposal exhibits a natural connectivity by virtue of the eight hydrographic watersheds of continental Ecuador. The configuration of the hydrographic system in Ecuador, and thus the definition of the hydrographic watersheds, is determined by the location of the Andean Cordillera, which crosses Ecuador from north to south. In order for the connectivity to be effective, the eight hydrographic watersheds have been subdivided into 24 sub-watersheds, each with an important ensemble of rivers that provide the natural connection between the spaces to be protected. By implementing the Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador, based on the connectivity of the country's hydrographic watersheds, a long-term stability can be achieved for confronting the challenges and impacts of climate change.

If all the resulting areas that the MARXAN algorithm generates are incorporated, it would be possible to double the conservation area in continental Ecuador (the current SNAP conservation area is 5,005,938 hectares). In total, the sum of proposed areas to be incorporated includes 5,355,062.56 hectares.

The methodology used shows itself to be valid; the use of software programs such as ArcGis 10.1 with its various extensions and tools, and the MARXAN program, developed and produced by researchers of the University of Queensland in Australia, has been the most important methodological and instrumental base in the development of this proposal, especially the Marxan algorithm, which has demonstrated its effectiveness in processing information and obtaining results that appear to be coherent and which are consistent with a set of partial and local studies that confirm the validity of the Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador.

The objective of the present proposal is to establish a Network of Protected Natural Areas for Continental Ecuador with a holistic eco-systemic focus with a vision of the landscape.

PROPUESTA DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

Iván Morillo Villarreal.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
BIOLOGIA DE LA CONSERVACION

Tutor: Dr. Raimundo Outerele

Resumen

El proyecto **“Propuesta de una Red de Áreas Naturales Protegidas para El Ecuador Continental”** se fundamenta en una serie de investigaciones que ubican al Ecuador como un país Mega-diverso, y como un área idónea para establecer una RED de Espacios Naturales Protegidos a través de corredores biológicos entre las diferentes categorías de conservación, con la finalidad de evitar el aislamiento de los ecosistemas presentes en todo el país, que tienen alta importancia para la conservación.

La red de conectividad propuesta agrupa a los ecosistemas presentes en diferentes niveles altitudinales desde el nivel del mar (0 msnm) y sobre los 6.310 msnm (que incluye el volcán Chimborazo, que a su vez forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo)⁶, aspecto que toma en cuenta el gradiente altitudinal como un criterio de diseño con relación a la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático (Guerrero 2004 y CBD 2003). La función de los corredores como medida de adaptación ante los efectos del cambio climático, sería la reducción de las demandas de dispersión de las especies (IPCC 2002). Demanda generada por la alteración de la distribución de los hábitat de muchas especies, debida a los cambios en la distribución de las temperaturas y precipitación esperados como efecto del cambio climático (Malcolm et ál. 2002 y Williams et ál. 2004).

Los sitios a conectar, incorporan en una RED a todas las Áreas Naturales Protegidas de acuerdo a la estructura del SNAP (los cuatro subsistemas) en todo el Ecuador Continental: 40 Áreas Naturales Protegidas del Estado (PANE) continentales, las áreas naturales gestionadas por los gobiernos seccionales, las áreas naturales protegidas comunitarias, y las reservas privadas, y los bosques protectores, la mayoría de estas zonas han sido consideradas como prioridad de conservación, a nivel de una estrategia de priorización que ha seleccionado varios sitios en todo el país.

Entre los aspectos más destacados a nivel biológico, según Russel Mittermeier, se señala que: Ecuador es parte de los 17 países mega-diversos del planeta, tiene más de 18.198 plantas vasculares de acuerdo al Catálogo de plantas Vasculares editado por David Neill⁷ & Carmen Ulloa, 2011, de las cuales 17.683 son nativas, 5400 especies son consideradas endémicas, de ellas 719 son especies nuevas para la ciencia, 421 nuevos registros para el país. Su fauna vertebrada excluyendo los peces representa el 11,47% del total planetario, de este porcentaje 1.620 especies son aves, 448 especies anfibios, 390 especies reptiles, 369 especies mamíferos, considerado como el cuarto país en el mundo en diversidad de vertebrados. Adicionalmente destaca el nivel de endemismo que se ubica en un 15,6% del total, considerando el nivel de endemismo por grupo taxonómico, los anfibios tienen un 60% de endemismo (240 especies del total nacional), en el caso de los reptiles el 30,5% (114 especies del total nacional), en el caso de aves y mamíferos es menor pero no deja de ser importante.

⁶ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito – Ecuador. 2013.

⁷ Neill.D, & Ulloa. Carmen. Adición al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, Publicado por Fundación Jatun Sacha, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Misourri Botanical Garden. Quito – Ecuador. 2011

El mapa de ecosistemas de Ecuador continental publicado por el Ministerio de Ambiente en 2013⁸ presenta 90 tipos de vegetación incluyendo entre otros: bosques húmedos tropicales, bosques secos tropicales, matorrales xerofíticos, bosques montanos, páramos y manglares, (De acuerdo al mapa de vegetación del MAE Bosques siempreverdes, Bosques inundables, Bosques semidecíduos, Bosques deciduos, Arbustales, Herbazales, Páramos, Manglares). Toda esta diversidad eco-sistémica está determinada por la variedad climática influenciada a su vez por factores como: la cordillera de los Andes, la ubicación del país en la línea ecuatorial, la circulación de corrientes atmosféricas tanto oceánicas del Pacífico como de la región amazónica, y la presencia de corrientes oceánicas como la fría de Humboldt y la cálida del Niño.

La Propuesta de una Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental, se desarrolló en una primera fase con el Proyecto presentado para el Diploma de Estudios Avanzados (DEA) en la Universidad Complutense de Madrid: **“Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador”**, orientado a identificar nuevas zonas para la conservación y para ampliar algunas de las áreas ya existentes dentro del Sistema de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador Continental, sobre la base de criterios ecológicos, de paisaje y la real potencialidad de conservar dichas áreas.

Para este trabajo, se incluyó registros de Fauna y Flora: en cuanto a la fauna vertebrada se consideró los mapas de distribución de especies de las clases: aves, anfibios, y mamíferos, se trabajó con registros de **448 especies de anfibios, 1613 especies de aves y 365 especies de mamíferos**, fundamentalmente extraída de la base de datos de **Nature Serve**⁹, así como varias bases de datos de Ecuador principalmente de la Fundación Jatun Sacha alianza CDC (Quito, Ecuador), y en cuanto a la flora se consideró los datos florísticos, geográficos y mapas de distribución originados por el proyecto: “Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador”. (Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, Jesús Muñoz, Tania Delgado y Rubén G. Mateo del Real Jardín Botánico de Madrid, 2007). Los datos florísticos provienen de la base de datos **TROPICOS**, desarrollada y mantenida por el **Missouri Botanical Garden**, y proporcionada por el **Herbario Nacional del Ecuador conjuntamente con Fundación Jatun Sacha**. Para el análisis se ha utilizado 6 familias de plantas vasculares (Araceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Leguminosae) y algunas especies de páramo que corresponden a diferentes familias. Se han modelado en total 413 especies (17.717 registros). Estas familias fueron elegidas porque comparten y representan una gran variedad de hábitats que las hace ser buenas indicadoras de patrones de diversidad y representan casi todos los ecosistemas de Ecuador. (J Muñoz & T. Delgado, R. Mateo, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007)¹⁰.

Luego de un proceso de recopilación de información de varias aplicaciones y estudios de Distribución, Riqueza, Endemismo y Modelamiento, se utilizó ArcView 3.2, se realizó la suma de los modelos de presencia/ausencia y de probabilidad, de todas las especies que se tomaron en cuenta para este trabajo.

Finalmente se realizó la suma de las capas de los mapas de fauna: anfibios, aves y mamíferos, así como los de flora, con el mapa base de la división territorial de Ecuador continental por cantones, con el propósito de establecer de acuerdo a la administración territorial del país los sitios de mayor riqueza biológica. También se utilizó la suma de mapas de riqueza probable de fauna en relación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas SNAP, en términos de establecer

⁸ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Mapa de Ecosistemas. Quito – Ecuador. 2013.

⁹ Nature Serve, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, Registros disponibles de las especies para cada país (<http://infonatura.natureserve.org>).

¹⁰ Muñoz. J & Delgado. T, Mateo. R, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007.

la inclusión- exclusión de estas tasas en el SNAP. La suma de todos los modelos de idoneidad de probabilidad, nos permite generar mapas de riqueza probable. En estos mapas resultantes se observan las zonas con más **riqueza probable**.

Los análisis realizados, permiten identificar que, la Amazonía Norte, ecuatoriana es la zona más biodiversa del país, y que cuenta con valiosos remanentes de flora y fauna que merecen conservarse.

Realizando la suma de los modelos de riqueza probable, se identifica que los cantones que presentan riqueza probable de aves, anfibios mamíferos y plantas, y que por tanto tienen muy alta prioridad de conservación son: Joya de los Sachas, Orellana, Shushufindi, Aguarico, Arajuno, Archidona, Cascales, Cuyabeno, El Chaco, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Taisha, Tena, en la zona de la Reserva Faunística del Cuyabeno y sus zonas de amortiguamiento, y del Parque Nacional Yasuní, debiendo anotarse que gran parte de estas zonas están fuera de estas Áreas Naturales Protegidas. Hacia el Sur otras áreas importantes de riqueza probable de Fauna se registran en los cantones: Pastaza, Huamboya, Morona, Tiwintza, Sucúa, Limón Indanza, Nangaritza, Paquisha entre otros. En la Sierra los cantones que registran gran riqueza probable de Fauna son: Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Quito, Cotacachi, Tulcán. En la Costa, los cantones: San Lorenzo, Rio Verde, Esmeraldas, Quininde, El Carmén, Chone, Atacames, Muisne, Pedernales, La Concordia, Eloy Alfaro entre otros.

Mientras que, considerando la inclusión y exclusión de especies con relación a las Áreas Naturales Protegidas, las zonas que presentan alta prioridad para la conservación, están constituidas por la mayoría de remanentes boscosos de la Cordillera Oriental. Que se encuentran mayoritariamente en los Parques Nacionales Podocarpus, Sangay, Llanganates, Sumaco-Napo-Galeras y las Reservas Ecológicas Antisana y Cayambe-Coca, y sus zonas de amortiguamiento.

Estas Zonas identificadas como de muy alta, y alta prioridad de conservación, deben integrarse a través del establecimiento de una Red de Áreas Naturales Protegidas que abarque todos los ecosistemas representativos, remanentes boscosos, así como los bosques fragmentados del Ecuador Continental, y que permita una gestión eco-sistémica, de la biodiversidad, considerando el paisaje de un manera Integral.

Sobre la base del trabajo realizado, para el Diploma de Estudios Avanzados, (DEA), en la primera fase se Identificó las Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador, se desarrolló la **segunda fase** en la que se realiza la **Propuesta de la Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental**.

El presente trabajo investigativo abarca todo el Ecuador Continental, esto es una superficie de 256.370 Km²; se ha tomado en cuenta los cuatro subsistemas del SNAP: las 40 Áreas Naturales Protegidas del PANE declaradas hasta el 2013, Áreas Naturales Protegidas de Gobiernos Descentralizados, Áreas Naturales Protegidas Comunitarias y de Carácter Privado, así como los llamados Bosques Protectores, considerando una superficie bajo algún mecanismo de conservación de 56.320 Km², siendo uno de los países con mayor territorio protegido del mundo.

La metodología usada para el diseño de esta red ecológica de conservación -Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental-, se fundamentó en los criterios de planificación de costo-efectividad (Poiani et ál. 2000). La representatividad hace referencia al grado en que el sistema de Áreas Protegidas protege todo el ámbito de escalas espaciales y de

organización biológica de la biodiversidad (Poiani et ál. 2000, Margules y Pressey 2000), priorizando aquellas áreas que tuvieran mayor tendencia a la estabilidad y por ende mayor aptitud para la conservación. Para ello, se adaptaron las metodologías del menor costo-distancia utilizadas en el diseño de la red ecológica para la conectividad de la Florida (Hector 2000).

Un nuevo elemento de aporte sustantivo de este proyecto, es el establecimiento de la RED de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, considerando los **Corredores Biológicos formados por las Cuencas y Sub-cuencas Hidrográficas** que se originan en las formaciones montañosas de la Cordillera de los Andes, tanto en sus flancos occidentales como en los orientales.

Para esta propuesta de la RED de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, también se han considerado aspectos socioeconómicos, relacionados a las presiones y amenazas que afectan a las Áreas Naturales Protegidas en su conjunto. Las principales fuentes de estas presiones que se han tomado en cuenta son: vías que inciden en la fragmentación de los hábitats, la zonas de explotación petrolera y minera, presas y proyectos hidroeléctricos, zonas de asentamiento y expansión urbanas, y la presión ejercida por prácticas agrícolas no compatibles con la conservación, así como se toman en cuenta las propuestas existentes de Corredores Biológicos y las Reservas de Biósfera.

Los **núcleos de hábitat prioritarios** para la conservación se identificaron en las áreas interiores mayores a **25 Has** (considerando que el proyecto se desarrolla a nivel de todo el territorio nacional), de los parches de cobertura natural: 45 Áreas Naturales Protegidas del PANE, con una superficie de **5.005.938 Hectáreas**, y 175 Bosques protectores, con una superficie de **2.179.795,10 Hectáreas**, adicionalmente un conjunto de áreas interiores de parches de manglares del perfil costanero, y de relictos de bosques dispersos en todo el país.

Para seleccionar los parches prioritarios se utilizó una aproximación de su valor para la conectividad estructural, utilizando un modelo de análisis multicriterio (adaptado de Hector et ál.2000), donde se integraron el análisis del paisaje como indicador de la calidad de hábitat, una aproximación de su vulnerabilidad y el grado de amenaza de los mismos, los que se incluyeron en el análisis con los programas informáticos Arc-GIS y posteriormente con Marxan.

La forma y tamaño fueron las variables consideradas para el análisis de paisaje, estas dos variables provenientes de la teoría de la biogeografía de islas fueron implementadas para identificar los núcleos de hábitat prioritario. Se aceptó para la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios parches a partir de 25 has (aunque con la mínima prioridad), totalizando 200.237,52 polígonos para todo el territorio nacional.

En el análisis también se utilizó el Mapa de Ecosistemas publicado por el Ministerio del Ambiente en 2013, de acuerdo a esta clasificación eco-sistémica oficial, el Ecuador Continental presenta **90 formaciones eco-sistémicas**, clasificadas como: Bosques siempreverdes, Bosques inundables, Bosques semidecíduos, Bosques decíduos, Arbustales, Herbazales, Páramos, Manglares, distribuidos en las tres regiones geográficas continentales del país.

En cuanto a la fauna vertebrada, además de los mapas de identificación de zonas prioritarias para la conservación, elaboradas sobre la base de los registros de la distribución de anfibios, aves y mamíferos, se consideraron **-31 especies símbolo-**. Para lo que se tomaron en cuenta características tanto desde el punto de vista biológico como del ámbito histórico-cultural, a su vez estas especies se las caracterizo como objetos de conservación, con lo que se ha elaborado uno de los mapas parciales para ejecutar el algoritmo Marxan. El mapa de las especies símbolo como objetos de conservación se lo ha realizado sobre la base de la propuesta de Pisos Zoo-geográficos de Albuja et &al.

Además para estas especies símbolo se consideró el estatus (categorías de la UICN), su abundancia, así como su distribución y principalmente su rol ecológico ya que la mayoría de ellas son indicadores de calidad de hábitat. En este sentido se ha valorado el hecho de que perder la presencia de una especie significa la desaparición total de un eslabón en la cadena que une a todos los seres vivos, incluyendo a los humanos, con el planeta.

Este proyecto se ha desarrollado con la utilización de sistemas y programas informáticos como: el **Arc-Gis 10.1** con varias de sus extensiones y herramientas, como: **Spatial Analysis** y sus herramientas **Euclidean Distance** y **Map Algebra**, y principalmente el uso del programa **MARXAN**, desarrollado y elaborado por investigadores de la Universidad de Queensland de Australia, estos programas han sido la base metodológica e instrumental de primera importancia en la propuesta.

A partir del Análisis Multicriterio y la aplicación de MARXAN, **se obtuvo una Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador continental**, que integra las actuales Áreas Naturales Protegidas que conforman el SNAP con sus cuatro subsistemas y la inclusión de nuevas Áreas Naturales que abarcan entre otras estructuras muchos de los Bosques Protectores, así como otras zonas que no están incluidas en ninguna categoría de conservación o de manejo forestal. Dentro de estas zonas a incorporarse constan varios ecosistemas que no están dentro de las Áreas Protegidas llenando vacíos eco-sistémicos de conservación.

La Red de Áreas Naturales Protegidas propuesta tiene una **conectividad natural** a través de las ocho **Cuencas Hidrográficas** que presenta el Ecuador Continental. La conformación del sistema hidrográfico en el Ecuador y por lo tanto la definición de las cuencas hidrográficas, está determinado por la localización de la Cordillera de los Andes, la cual atraviesa el Ecuador de Norte a Sur. Para que la conectividad sea efectiva se ha subdividido las ocho Cuencas Hidrográficas en 24 Subcuencas, cada una de ellas con un conjunto importante de ríos que están dando la conexión natural entre los espacios a protegerse. Al implementarse la propuesta de Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental, sobre la base de la conectividad de las Cuencas Hidrográficas del país, se lograría estabilidad a largo plazo con lo que se puede enfrentar los desafíos e impactos del cambio climático.

Si se incorporan todas las zonas resultantes que arroja el algoritmo MARXAN, se lograría duplicar la superficie de conservación en el Ecuador continental (Superficie de conservación actual del SNAP: 5.005.938 Has) para Ecuador continental; en total la suma de zonas propuestas a incorporarse abarcan 5.355.062,56 Hectáreas.

La metodología utilizada se demuestra como válida; la utilización de programas informáticos como: el ArcGis 10.1 con varias de sus extensiones y herramientas, y el programa MARXAN, desarrollado y elaborado por investigadores de la Universidad de Queensland de Australia, han sido la base metodológica e instrumental de primera importancia en la elaboración de esta propuesta. Principalmente el algoritmo Marxan, ha demostrado su efectividad en el procesamiento de información y obtención de resultados, los cuáles se presentan lógicos y coinciden con una serie de estudios parciales y locales que demuestran la validez de la Propuesta de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental.

El objetivo de la presente propuesta está encaminado a establecer una **Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental**, con un enfoque eco-sistémico, integral y con visión de paisaje.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En Ecuador la cobertura forestal se ha reducido aproximadamente en más de un 60 % durante la segunda mitad del siglo XX e inicios del siglo XXI. El proceso de fragmentación de los ecosistemas ha pasado por varias etapas de acuerdo al grado de aceleración de la deforestación. Varios estudios señalan que la tasa de deforestación es de entre 70.000¹¹ a 200.000 has por año lo que significa que al 2030 Ecuador podría perder todos sus bosques naturales.

La pérdida del hábitat derivada por actividades antropogénicas ha sido señalada como la causa principal de disminución de biodiversidad. Según Primack et ál. 1998¹², cuando la pérdida es parcial se denomina degradación, siendo el proceso de fragmentación de los ecosistemas una de las formas más comunes de degradación del hábitat que amenaza la persistencia de las especies. Según Kattan, el progresivo aislamiento de los fragmentos es considerado un factor determinante en la disminución de la diversidad de especies.

Para Ecuador, las causas principales de la pérdida de cobertura forestal han sido las políticas de desarrollo que subordinaron la presencia de los bosques a la colonización de tierras para la expansión agropecuaria, el abastecimiento de leña, extracción de madera, implementación de infraestructura, así como la explotación de recursos naturales.

Desde los años 60 del siglo pasado, la incorrecta aplicación de la Reforma Agraria, principalmente en la Amazonía, que puso como requisito la tala o quema de hasta 70 hectáreas de bosques por cada poseionario para adjudicarle una finca como propiedad, provocó la desaparición de extensas zonas boscosas que fueron reemplazadas por pastos y por monocultivos, al mismo tiempo el inicio de la explotación petrolera determinó que extensas zonas de bosques perdieran su cobertura natural; la apertura de vías para facilitar las operaciones petroleras y la instalación de oleoductos causó un mayor incremento de colonización de las selvas húmedo tropicales.

Las estrategias llevadas a cabo para revertir esta situación y conservar la biodiversidad han ido evolucionando conforme se ha incrementado el nivel de comprensión del funcionamiento de los sistemas ecológicos. Se ha entendido que a pesar que las áreas protegidas en Ecuador alcanzan cerca del 20 % de la superficie nacional (SNAP 2012)¹³, la conservación de la biodiversidad sigue amenazada por efectos de la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento en que se encuentran estas áreas.

Bajo estas consideraciones urge la necesidad de establecer propuestas que permitan planes de manejo y acción para que los ecosistemas terrestres y marinos se encuentren conectados en sistemas más amplios como una meta de conservación a largo plazo. Los corredores biológicos han sido concebidos para cumplir esta meta de conectar fragmentos de hábitat para facilitar el movimiento de organismos entre ellos (Kattan 2002)¹⁴. Además, los corredores biológicos han sido reconocidos como herramientas potenciales para la conservación de la biodiversidad a escala de paisaje (CBD 2003).

¹¹ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Informe sobre la Deforestación en el Ecuador, Quito, 2012.

¹² Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas Latinoamericanas. Fondo de cultura económica, México D.F., 1998.

¹³ MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Quito, 2013.

¹⁴ Kattan, GH. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. 2002.

La función de los corredores como estrategia de conservación ha sido discutida ampliamente (Bennett 1998). Como una propuesta a concretar su función ecológica se han desarrollado metodologías de diseño de redes de conectividad al interior de los corredores. Estas propuestas se fundamentan en los conceptos de conectividad estructural y toman en cuenta los criterios de calidad del hábitat y nivel de amenazas a la conectividad.

El propósito del diseño de redes es definir áreas prioritarias para asegurar la conectividad entre áreas protegidas y remanentes de bosques para el mantenimiento a largo plazo de procesos ecológicos importantes para la biodiversidad (Hector 2000). El objetivo de identificar áreas prioritarias se basa en la necesidad de focalizar los recursos como punto de partida para las acciones de conservación (Ramos Bendaña y Finegan 2006).

1.2 Justificación

1.2.1 La Necesidad de Una Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental

La propuesta de una red de conectividad se fundamenta en una serie de investigaciones que ubican al Ecuador como un país Mega-diverso, y como un área idónea para establecer una RED de Espacios Naturales Protegidos a través de corredores biológicos entre las diferentes categorías de conservación, con la finalidad de evitar el aislamiento de los ecosistemas presentes en todo el país, que tienen alta importancia para la conservación.

La red de conectividad propuesta agrupa a los ecosistemas presentes en diferentes niveles altitudinales desde el nivel del mar (0 msnm) hasta los 5500 msnm, aspecto que toma en cuenta el gradiente altitudinal como un criterio de diseño con relación a la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático (Guerrero 2004 y CBD 2003). La función de los corredores como medida de adaptación ante los efectos del cambio climático, sería la reducción de las demandas de dispersión de las especies (IPCC 2002). Demanda generada por la alteración de la distribución de los hábitat de muchas especies, debida a los cambios en la distribución de las temperaturas y precipitación esperados como efecto del cambio climático (Malcolm et ál. 2002 y Williams et ál. 2004).

Los sitios a conectar, incorporan en una RED a todas las Áreas Naturales Protegidas de acuerdo a la estructura del SNAP (los cuatro subsistemas) en todo el Ecuador Continental: 40 Áreas Naturales Protegidas del Estado (PANE), las áreas naturales gestionadas por los gobiernos seccionales, así como relictos boscosos que no tienen ninguna categoría de manejo, las áreas naturales protegidas comunitarias, y las reservas privadas, y los bosques protectores, la mayoría de estas zonas han sido consideradas como de prioridad de conservación, a nivel de una estrategia de priorización que ha seleccionado varios sitios en todo el país.

Entre los aspectos más destacados a nivel biológico, según Russel Mittermeier, se señala que: Ecuador es parte de los 17 países megadiversos del planeta, tiene más de 18.198 plantas vasculares de acuerdo al Catálogo de plantas Vasculares editado por David Neill & Carmen Ulloa, 2011, de las cuales 17.683 son nativas, 5.400 especies son consideradas endémicas, de ellas 719 son especies nuevas para la ciencia, 421 nuevos registros para el país. Su fauna vertebrada excluyendo los peces representa el 11,47% del total planetario, de este porcentaje 1620 especies son aves, 448 especies anfibios, 390 especies reptiles, 369 especies mamíferos, considerado como el cuarto país en el mundo en diversidad de vertebrados. Adicionalmente destaca el nivel de endemismo que se ubica en un 15,6% del total, considerando el nivel de endemismo por grupo taxonómico, los anfibios tienen un 60% de endemismo (240 especies del total nacional), en el caso de los reptiles el 30,5% (114 especies del total nacional), en el caso de aves y mamíferos es menor pero no deja de ser importante.

El mapa de ecosistemas de Ecuador continental publicado por el Ministerio de Ambiente en 2013 presenta 90 tipos de vegetación incluyendo entre otros: bosques húmedos tropicales, bosques secos tropicales, matorrales xerofíticos, bosques montanos, páramos y manglares, (De acuerdo al mapa de vegetación del MAE Bosques siempreverdes, Bosques inundables, Bosques semidecíduos, Bosques deciduos, Arbustales, Herbazales, Páramos, Manglares). Toda esta diversidad eco-sistémica está determinada por la variedad climática influenciada a su vez por factores como: la cordillera de los Andes, la ubicación del país en la línea ecuatorial, la circulación de corrientes atmosféricas tanto oceánicas del Pacífico como de la región amazónica, y la presencia de corrientes oceánicas como la fría de Humboldt y la cálida del Niño.

Para la propuesta de la RED de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador continental, también se han considerado aspectos socioeconómicos, relacionados a las presiones y amenazas que afectan a las Áreas Naturales Protegidas en su conjunto. Las principales fuentes de estas presiones que se han tomado en cuenta son: vías que inciden en la fragmentación de los hábitats, la zonas de explotación petrolera y minera, presas y proyectos hidroeléctricos, zonas de asentamiento y expansión urbanas, y la presión ejercida por prácticas agrícolas no compatibles con la conservación, así como se toman en cuenta las propuestas existentes de Corredores Biológicos y las Reservas de Biósfera.

La presente propuesta pretende establecer una Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, con un enfoque a nivel de paisaje desde el punto de vista biofísico, considerando los factores espaciales geográficos y la biodiversidad contendida en ellos, para el logro de una red de conectividad funcional, identificando además las necesidades de protección y/o restauración ecológica de las mismas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Desarrollar una propuesta de Red Ecológica de Conservación para el Ecuador Continental incorporando todas las Áreas Naturales Protegidas de acuerdo a la estructura del SNAP: 39 Áreas Naturales Protegidas del estado (PANE), las áreas naturales gestionadas por los gobiernos seccionales, las áreas naturales protegidas comunitarias, las reservas privadas, y los Bosques Protectores; que integre en su diseño la estimación de la conectividad estructural y la influencia que los cambios temporales y espaciales en los usos de la tierra generan en ella, como aporte a la funcionalidad para la conservación a escala regional, y en un contexto de cambio climático.

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer criterios para establecer el valor para la conectividad estructural de las diferentes unidades de paisaje.
- Proponer escenarios de rutas de conectividad estructural, considerando las Cuencas y Sub-cuencas Hidrográficas.
- Diseñar una red ecológica de conservación recomendada sobre la base del análisis de la dinámica del uso de la tierra en el área de influencia de las rutas iniciales de conectividad.

3. Revisión de conceptos y líneas directrices metodológicas

3.1 Áreas Naturales Protegidas

El Convenio para la Diversidad Biológica (CBD, 1992), expresa: Por Área Protegida se entiende: “un área geográficamente definida que esta designada o regulada y gestionada para lograr específicos objetivos de conservación”¹⁵. Para la UICN, un área natural protegida se define como: “los espacios continentales y/o marinos, expresamente reconocidos y declarados como tales, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible”¹⁶.

Las áreas naturales protegidas son herramientas para la conservación de los ecosistemas que encierran hábitats y refugios, proporcionan alimento, materias primas, material genético, barreras contra los desastres naturales, fuentes estables de recursos y múltiples otros bienes y servicios; dichas áreas juegan, por consiguiente, un papel importante en los mecanismos de adaptación al cambio climático de las especies, el ser humano y las naciones. En virtud de su función específica, los bosques protegidos deberían ser mantenidos libres de intervenciones humanas destructivas y seguir representando tanto ahora como en el futuro un almacén natural de servicios ecológicos.

3.1.2 Cambio Climático, Bosques y Áreas Protegidas

El cambio climático constituye en la actualidad una de las principales amenazas emergentes que se ciernen sobre la biodiversidad. Los reportes del IPCC, 2002 manifiestan que cerca de un 25% de mamíferos (unas 1125 especies), y alrededor del 20 % de aves (unas 1800 especies), (IPCC, 2007)¹⁷, están en peligro de extinción en todo el planeta.

La relación entre bosques y cambio climático es compleja. Por una parte, al absorber carbono, los bosques pueden mitigar el cambio climático; mientras que por otra, la degradación o destrucción de los bosques contribuye al cambio climático. Los cambios climáticos, a su vez, pueden conducir a la degradación o a la pérdida de bosques, situación que se constituye en un círculo de factores que exacerban el cambio climático, (S. Mansourian, A. Belokurov y P.J. Stephenson)¹⁸.

Seguramente, el cambio climático afectará de muchas formas a las áreas protegidas destinadas a la salvaguarda de los procesos ecológicos y la biodiversidad. Se pronostica que, como consecuencia del cambio climático, las especies emigrarán hacia zonas de temperatura y precipitaciones que les serán más favorables, y que con mucha probabilidad otras especies competidoras o incluso invasivas mejor adaptadas a las nuevas condiciones del clima se instalarán en los lugares que las primeras habrán abandonado. Estos desplazamientos podrían, en algunas áreas protegidas, determinar hábitats y mosaicos de especies diferentes de los que inicialmente se pretendía proteger. Scott (2005), por ejemplo, encontró que el objetivo declarado del Parque nacional Príncipe Alberto en Saskatchewan (Canadá) de proteger de manera «permanente» la integridad ecológica era irrealista, ya que con arreglo a todas las hipótesis climáticas el bosque boreal y la biodiversidad asociada sufrirán en esa región pérdidas eventuales. Como las especies de plagas manifestarán mayor resistencia o

¹⁵ Convenio de Diversidad Biológica. (CBD), ONU. 1992.

¹⁶ UICN, Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza.

¹⁷ IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de valuación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

¹⁸ Mansourian, S, A. Belokurov y P.J. Stephenson, La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático, 2010.

sobrevivirán por períodos más largos y las áreas protegidas serán invadidas por nuevas especies de plagas, el cambio climático provocará brotes de enfermedades.

“Los impactos del cambio climático se han extendido: en todos los continentes y por todos los océanos. Y nos están perjudicando ya. Los impactos de los recientes eventos climáticos extremos, tales como las olas de calor, las sequías, las inundaciones y los incendios forestales, demuestran una significativa vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos, como la producción alimentaria, debido a la variabilidad climática. Los ecosistemas y las especies, la seguridad alimentaria y del agua, los modos de vida y la salud de las personas ya se ven afectados y se exponen a riesgos mayores a medida que continúa el calentamiento. Los trópicos, el Ártico, las costas y las regiones de baja altitud se enfrentan a desafíos particulares”, (IPCC, 2013)¹⁹.

En muchos casos, los efectos negativos del cambio climático sobre las áreas protegidas se agravarán por otros factores estresantes, especialmente de origen humano, tales como el consumo excesivo, la contaminación y la urbanización que roba espacios a las áreas protegidas. La biodiversidad existente en estas últimas, ya vulnerable a las amenazas antrópicas, se verá afectada más rápida o más gravemente por el cambio climático.

Ante la eventualidad de estos cambios, se hace necesario profundizar y mejorar la ordenación de las áreas protegidas para que éstas puedan desempeñar su función de conservadoras de la biodiversidad y apoyar los dispositivos de adaptación al cambio climático.

3.1.3 Importancia de las Áreas Protegidas ante el Cambio Climático

Durante muchos años, las áreas protegidas han sido consideradas como instrumento esencial para la conservación de la biodiversidad. El impacto del cambio climático les confiere ahora una función renovada como instrumento de adaptación frente a un clima cambiante. A este respecto, su importancia se manifiesta en tres aspectos:

- Al proporcionar a las especies refugio y corredores de migración, las áreas protegidas les ayudan a adaptarse al compás impuesto por el cambio climático y a los fenómenos climáticos repentinos;
- Al proteger a las poblaciones humanas de los fenómenos climáticos repentinos, las áreas protegidas reducen su vulnerabilidad frente a las inundaciones, sequías y otros desastres ocasionados por el clima;
- De un modo indirecto, al reducir los costos de los impactos negativos relacionados con el clima, las áreas protegidas permiten a las economías adaptarse al cambio climático.

3.1.4 Función Ecológica de las Áreas Naturales Protegidas

Existen hoy en el mundo más de 100.000 áreas protegidas; Según los últimos datos de la IUCN (International Union for Conservation of Nature) publicados en el informe *Protected Planet Report 2012*, en la actualidad, el 12,7% del área terrestre y el 1,6% del área oceánica mundial están reconocidas como Áreas Naturales Protegidas. ¿Qué quiere decir esto? Que se trata de zonas delimitadas espacial y geográficamente con unas condiciones naturales singulares en las cuales los diferentes actores sociales, gubernamentales e institucionales vuelcan sus esfuerzos con el fin de garantizar unas condiciones de bienestar y de conservación de la biodiversidad lo más elevadas posibles²⁰. Las áreas protegidas constituyen el principal

¹⁹ IPCC, Quinto informe de evaluación del Grupo de Trabajo II del IPCC, 2013, Impactos, adaptación y vulnerabilidad del cambio climático, 2014.

²⁰ UICN, Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza. 2012.

instrumento para la protección de las especies contra el riesgo de extinción y las amenazas de origen humano. Con una adecuada planificación y ordenación, las áreas protegidas contribuyen notablemente a la conservación de la biodiversidad:

- Al representar comunidades naturales bien diferenciadas en los paisajes de conservación y en las redes de áreas protegidas;
- Al mantener los procesos ecológicos y evolutivos que crean y sostienen la biodiversidad;
- Al mantener la viabilidad de las poblaciones de especies;
- Al permitir la conservación de bloques de hábitat natural suficientemente extensos y capaces de recuperarse tras episodios de alteración profundos y duraderos (Noss, 1992).

Según Hannah *et al.*, 2007²¹, para la creación de la mayor parte de las áreas protegidas y la determinación de los lugares gracias a los que ha sido posible alcanzar, hasta el momento actual, metas vinculadas con el hábitat y la representación de las especies, se partió del supuesto de un clima relativamente constante. Sin embargo, conforme el clima ha ido sufriendo modificaciones, se ha hecho necesario reconsiderar los planes y postulados acerca de las áreas protegidas (McCarty, 2001). Entonces, se hace necesario reevaluar cuáles serán las futuras áreas destinadas a las acciones de protección tomando en cuenta diferentes hipótesis relativas al cambio climático; y revisar la red de áreas protegidas actuales a fin de garantizar que se puedan lograr los resultados de conservación esperados y mitigar los impactos negativos del cambio climático.

Ante un clima cambiante, las áreas protegidas cobrarán una importancia aún mayor como zonas seguras que ofrecen a la biodiversidad unos hábitats de buena calidad y menos vulnerables a las condiciones climáticas extremas. Estas áreas constituirán refugios para las especies amenazadas y reservorios de genes de gran valor. También será importante proteger los paisajes de referencia, que son ecosistemas que sirven para planificar las intervenciones y evaluar los resultados de la restauración (Sayer, 2005).

Los bosques que son protegidos por las ANP mantienen la integridad ambiental de las cuencas y mejoran el funcionamiento de los regímenes hidrológicos. Los bosques dentro de las ANP también capturan y fijan el carbono, generando así beneficios ambientales que deberían estar incluidos en la economía global. A pesar de su importancia, el conocimiento de estos beneficios aún no se ha difundido lo suficiente, en particular en los países en desarrollo (Eagles *et al.*, 2002)

Las redes de áreas protegidas, que forman parte de los grandes paisajes, adicionalmente proporcionarán capacidad de recuperación frente al cambio climático. La adaptación de la biodiversidad a las condiciones cambiantes podrá verse facilitada si se define con la mayor exactitud posible las conexiones y corredores situados entre las áreas protegidas; se elimina o impide que se establezcan barreras, tales como carreteras o cultivos mono-específicos de árboles o monocultivos agrícolas, y se dispone las áreas como si fuesen «piedras para cruzar un arroyo» destinadas a determinadas especies.

Para asegurar la supervivencia de las especies prioritarias de plantas y animales que se han elegido con fines de conservación, será necesario obtener nuevas informaciones acerca de:

²¹ Hannah, L. 2003. Regional biodiversity impact assessments for climate change: a guide for protected area managers. En L.J. Hansen, J.L. Biringer y J.R. Hoffman, eds. *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*, pp. 235–244. Berlín, Alemania, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).

- Su sensibilidad a objetos que producen interrupciones (por ejemplo, carreteras, actividades agrícolas, asentamientos humanos);
- Su sensibilidad al efecto borde, es decir la relación entre el perímetro y el área (por lo general, mientras mayor es esa relación, mayor es la sensibilidad de las especies a las perturbaciones que proceden de fuera del perímetro);
- Su especialización alimentaria y la disponibilidad de alimentos;
- La calidad del hábitat que requieren (por ejemplo, bosque primario o secundario);
- Sus desplazamientos, especialmente en situaciones de estrés;
- Sus hábitos migratorios y sus itinerarios;
- Su relación con las comunidades humanas locales y con otras especies (Mansourian, 2006).

Estas informaciones pueden entonces superponerse a las hipótesis climáticas pronosticadas, y ello permitirá llevar a cabo las acciones destinadas a salvaguardar la biodiversidad.

3.1.5 Función Social de las Áreas Naturales Protegidas

Las prácticas para lograr la conservación efectiva de la excepcional biodiversidad presente en los territorios terrestre y marino del país, se deben plantear mediante un modelo basado en la necesidad de proveer bienes y servicios a su creciente población. En este sentido, aquellas estrategias de conservación de la biodiversidad que no contemplen un uso sustentable de los recursos naturales por las poblaciones humanas que han habitado su territorio por décadas, siglos o milenios serán, salvo contadas excepciones, estrategias condenadas al fracaso²².

Las áreas protegidas proporcionan servicios ecológicos tales como el agua para potabilizar, el almacenamiento de carbono y la estabilización de suelos; dichas áreas pueden asimismo contener Patrimonio Cultural, como lugares sagrados para diferentes etnias y encerrar importantes reservorios de genes valiosos en el campo de la medicina, la agricultura y la silvicultura. Todas estas funciones adquieren un carácter más crítico cuando se busca intensificar la capacidad de la población local de adaptarse al cambio climático (Simms, 2006)²³.

Las áreas protegidas, promueven el mantenimiento de los ecosistemas naturales, contribuyendo a la protección física contra desastres naturales, cuyo número, según las predicciones, habrá de aumentar a la par con el cambio climático (Scheuren *et al.*, 2007).

Aunque las dimensiones de los desastres dependen por lo general de una suma de factores (por ejemplo, la reglamentación en materia de edificación o el uso de la tierra), en muchos casos los impactos podrían ser menores si el ecosistema es objeto de mantenimiento y el bosque está sujeto a medidas de protección. Los manglares costeros, los arrecifes de coral y las llanuras inundables suelen hacer las veces de zonas tampón que defienden tierras, comunidades e infraestructuras contra los peligros naturales. Por ejemplo, durante el tsunami que se registró en el océano Índico en 2004, las dunas de arena costeras recubiertas de vegetación en los parques naturales de Yala y Bundala en Sri Lanka detuvieron por completo el impacto de las olas y protegieron las tierras interiores (Caldecott y Wickremasinghe, 2005)²⁴.

²² Juan Bezaury-Creel David Gutiérrez Carbonell, FAO, Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, Conservación de la biodiversidad en México, 2010.

²³ Simms, A. 2006. *Up in smoke? Latin America and the Caribbean: the threat from climate change to the environment and human development*. 3rd report, Working Group on Climate Change and Development. Londres, Reino Unido, New economics Foundation.

²⁴ Caldecott, J. y Wickremasinghe, W.R.M.S. 2005. *Sri Lanka: post-tsunami environmental assessment*. Nairobi, Kenya, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Algunas áreas protegidas también permiten restaurar en forma activa o pasiva las prácticas tradicionales de uso de la tierra tales como la agro silvicultura o los cultivos en terrazas o bancales, que mitigan los efectos extremos de los fenómenos meteorológicos en las tierras áridas al reducir el riesgo de erosión y mantener la estructura del suelo (Stolton, Dudley y Randall, 2008).

La ordenación de las áreas protegidas contribuye al empoderamiento de poblaciones o grupos comunitarios marginados. En las áreas protegidas se están poniendo en práctica formas alternativas de gobernanza, tales como la conservación comunitaria o la gestión conjunta, gracias a las cuales es posible reducir los conflictos sobre la tierra o promover el mantenimiento durable con el objeto de ofrecer beneficios a las partes interesadas.

En varias Áreas Naturales Protegidas del Ecuador, existen los Comités de Co-manejo, una de estas experiencias es la de la Reserva Ecológica Mache Chindul. En este Comité de Co-manejo, participan miembros de las comunidades campesinas, así como indígenas del Pueblo IWA, que está asentado en esta reserva con cerca de 10000 habitantes pertenecientes a esta etnia, y que ocupan más de 24000 Has, también conforman este Comité de Co-manejo, delegados de los Gobiernos municipales que geográficamente se corresponden con los límites de la Reserva.²⁵

3.1.6 Función económica de las Áreas Protegidas

Si el impacto del cambio climático acaba con el hábitat natural de un país, también su economía sufrirá menoscabo. En un estudio reciente se puso de manifiesto que el producto interno bruto (PIB) de un conjunto de países, podría verse perjudicado por la subida del nivel del mar, la infiltración de aguas salinas y desastres naturales atribuidos al cambio climático. Al proteger el hábitat natural, las áreas protegidas ayudan también indirectamente a proteger la economía nacional.

Además, las áreas protegidas constituyen un medio para aumentar de forma directa los ingresos de los países y sus comunidades, principalmente a través del turismo, pero asimismo gracias a los valiosos productos que encierran y a los servicios que proporcionan. El Parque Nacional Machalilla en nuestro país, Ecuador, ha tenido un incremento de visita de turistas de 144,95% en el período de 2000 a 2005, generando una dinámica muy importante de crecimiento económico, con la generación de empleo, en las ramas de hotelería, restaurantes, transporte y artesanías. La Reserva de la biosfera maya en Guatemala, por ejemplo, es fuente de empleo para más de 7 000 personas y genera ingresos anuales de aproximadamente 47 millones de USD (PCLG, 2002). Las áreas protegidas representan pues una red de seguridad que adquiere gran valor en tiempos en que se registran fenómenos ambientales estresantes como los acontecimientos climáticos extremos.

La pérdida de áreas protegidas puede ocasionar costos considerables, por ejemplo daños a las infraestructuras y desastres humanos causados por la desertificación o los tsunamis, o menores ingresos turísticos. Además, se estima que la deforestación de los principales bloques forestales, tales como los de la Amazonia, pueda tener repercusiones en las precipitaciones mundiales, que a su vez afectan a la agricultura y por ende a los medios de vida de millones de personas (Nepstad, 2007). Por consiguiente, las áreas protegidas contribuyen no solo a la protección de la biodiversidad, sino también indirectamente a la seguridad alimentaria mundial.

²⁵ Morillo I, & et al, Modelo de Gestión para la Reserva Ecológica Mache Chindul, Fundación Jatun Sacha, para el Ministerio del Ambiente del Ecuador – PNUD, Quito, 2013.

Otro de los beneficios económicos que ofrece la protección de las cuencas hídricas es el control de la erosión. La erosión causada por la deforestación y las lluvias que arrastran sedimentos por los ríos afecta a los embalses, cuyas aguas generan energía eléctrica o están destinadas a proyectos de irrigación. De esta forma, la protección de las cuencas por las ANP ha impedido la acumulación de sedimentos en las represas, cuyo proceso de sedimentación implica millonarias pérdidas económicas.

En relación a la función económica de las Áreas Protegidas es importante mencionar lo que plantea el Plan Estratégico de Diversidad Biológica para el período 2011–2020 que incluye metas explícitas sobre valuación e incentivos: “La Meta 2 del Plan estratégico exhorta a las Partes a que, a más tardar para 2020, integren valores de diversidad biológica en sus estrategias y procesos de planificación nacionales y locales y, según corresponda, en sus sistemas nacionales de contabilidad y presentación de informes; en La Meta 3 llama a las Partes a eliminar, suprimir gradualmente o quitar incentivos, incluidos los subsidios perjudiciales para la diversidad biológica, como los que sustentan prácticas agrícolas, forestales y pesqueras no sostenibles”²⁶

3.1.7 Áreas Protegidas y Paisaje

“La heterogeneidad estructural fina se refiere a un nivel difícilmente perceptible como “escena” o “panorama” (en definitiva, paisajístico). Se trata de la variedad de nichos ecológicos, biotopos (a los que quizá podríamos llamar “micro-biotopos”) y elementos abióticos locales (micro-relieve, charcos, neveros, condiciones edáficas, etc.) que pueden no apreciarse desde la perspectiva de un observador general, pero que pueden contribuir decisivamente a la diversidad biológica”²⁷.

Se requiere de una red de áreas protegidas correctamente planificada para que las especies presentes en unos pocos fragmentos de hábitat, en número escaso o al límite de su rango de distribución, consigan adaptarse a los cambios relacionados con el clima. Contribuyen a la resiliencia climática de un área protegida y a la libertad de movimiento de las especies el tamaño, la forma y los gradientes de altitud del área de hábitat. En una red de áreas protegidas bien diseñada se debe velar por reducir las barreras y obstáculos entre las distintas áreas. Se deberían incorporar zonas tampón, conexiones, corredores y «piedras de cruce» para facilitar el movimiento de las especies animales a través del paisaje y de un hábitat abundante y de buena calidad, presente en una amplia gama de altitudes, con el objeto de que, en los períodos en que se registran fenómenos estresantes, las especies puedan desplazarse hacia ambientes más propicios dentro de los límites relativamente seguros de un área protegida. En Borneo, por ejemplo, para permitir a las especies desplazarse entre hábitats diferentes, el WWF y sus asociados están tratando de establecer una red de áreas protegidas en un paisaje de una superficie de 240 000 km² con un gradiente de altitud de más de 4000 m (WWF, 2008).

La sociedad humana y la naturaleza son dos fuerzas que dan forma a los paisajes y ecosistemas 26. Históricamente, las áreas prístinas y las perturbadas por el hombre han coexistido dejando áreas donde la vegetación original persiste en fragmentos de distintas formas y tamaños. El resultado es un mosaico de fases sucesionales de vegetación. Esta idea del paisaje integrado por parches de vegetación natural, campos de cultivo, campos de agricultura tradicional, potreros ganaderos y asentamientos humanos, abarca una mayor heterogeneidad biológica y cultural que la contenida en áreas prístinas²⁷. Esta perspectiva del

²⁶ CBD, Convenio Sobre la Diversidad Biológica, Plan Estratégico de Diversidad Biológica para el período 2011–2020.

²⁷ Viejo Montesinos José Luis, “Biodiversidad y Paisaje”. Universidad Autónoma de Madrid. 1994.

paisaje ofrece importantes lecciones sobre la conservación de las especies, de los procesos ecológicos y de la resiliencia de los ecosistemas²⁸.

La ecología del paisaje brinda una nueva perspectiva sobre los procesos que operan a diferentes escalas espaciales y temporales. Esta información puede ser útil a planificadores involucrados en la optimización del uso del territorio o en el mejoramiento de las condiciones ambientales. A pesar que se han dado importantes adelantos en el estudio y descripción de los patrones espaciales del paisaje y sus cambios, la comprensión del funcionamiento de dichos paisajes sigue siendo pobre²⁹.

3.1.8 Red de Ecosistemas - Red Áreas Protegidas

Cuando se persigue mantener una red de ecosistemas representativos, ya no es juicioso dar por sentado que el rango histórico de distribución de una especie seguirá siendo apropiado en su totalidad en un entorno de clima cambiante. Como se ha indicado anteriormente, según las proyecciones del cambio climático, muchas de las actuales áreas protegidas ya no podrán desempeñar su función protectora del hábitat de las especies seleccionadas con fines de conservación, por lo que será necesario disponer de un mayor número áreas protegidas.

El Programa de trabajo sobre las áreas protegidas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2004) hizo un llamamiento urgente para ampliar la red de áreas protegidas a través del mundo con el fin de garantizar la representatividad durable de los ecosistemas y facilitar la adaptación de las especies al cambio climático. A partir de este llamado, se han creado miles de Áreas protegidas en el planeta, sin embargo de lo que, la creación de Áreas naturales protegidas debe continuar.

Como se ha indicado en Ecuador la superficie territorial del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas alcanza el 20%, cumpliendo con lo resuelto en el Congreso Mundial de Parques Nacionales de Durban³⁰, posiblemente hasta el 2015 este porcentaje sea superado integrando nuevas Áreas.

En tal sentido la formación de nuevas áreas protegidas permitirá establecer una Red que les de integralidad y conectividad.

3.1.9 Ordenación de Áreas Protegidas

Para la adaptación al cambio del clima una ordenación eficaz es esencial. La ordenación de áreas protegidas con el propósito de asegurar la adaptación puede comprender la restauración, la selección de hábitats capaces de recuperarse, la ordenación con fines precisos para hacer frente a amenazas anticipadas, tales como los incendios y las plagas, y otras amenazas que es necesario encarar (y que podrían exacerbarse con el cambio climático). En lugares seleccionados dentro de un paisaje más amplio, la restauración jugará un papel importante tanto en el interior de las áreas protegidas mismas como en torno a ellas. Actualmente se ha propuesto un enfoque de paisajes forestales que persigue restaurar elementos clave con el fin de alcanzar objetivos múltiples –medioambientales, sociales y económicos– y hacer que el paisaje se convierta en una totalidad más funcional (Mansourian, Vallauri y Dudley, 2005)³¹. Puesto que han sido hábitats antiguos los que han soportado mejor hasta el presente las

²⁸ Farina, A. Los paisajes culturales un modelo para la integración de la ecología y la economía. Bio-science. 2000

²⁹ UNESCO (2008), <http://portal.unesco.org/education/en/ev>

³⁰ Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales Volumen 34, Número 2, 2003.

³¹ Mansourian, S, A. Belokurov y P.J. Stephenson, La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático, 2010.

variaciones climáticas manifestando una mayor resistencia a los cambios futuros, en Chile se está trabajando para proteger el resistente bosque de Valdivia que contiene árboles de más de 3 000 años de edad.

Los planes futuros de ordenación de áreas protegidas deberían también contemplar opciones de almacenamiento de carbono, así como de reducción de las emisiones resultantes de la deforestación y la degradación de los bosques. Las evaluaciones periódicas de la ordenación han de ser un asunto prioritario para que las intervenciones puedan ser ajustadas según las necesidades.

La biodiversidad dentro y fuera de los espacios protegidos es un pilar aunque no necesariamente el único para la producción de servicios eco-sistémicos críticos para la sociedad moderna. Por ello, la planificación debe considerar el manejo y protección de la biodiversidad fuera de los espacios naturales protegidos, incluyendo los paisajes fragmentados (Ranganathan y Daily 2007)³².

La planificación sistemática de la conservación de la biodiversidad puede proveer información estratégica (p.e. priorización de sistemas ecológicos que deben conservarse, rutas críticas para el mantenimiento de la conectividad) que influya en los procesos regionales de planificación del uso de la tierra. Por otra parte, esta información generada puede también influir en las políticas de aquellas instituciones nacionales y regionales relacionadas con los procesos de ordenamiento territorial.

3.1.10 Pérdida de hábitat en la biodiversidad

De acuerdo a la FAO en un reporte de 2005, la cobertura forestal del planeta ha disminuido por lo menos a un tercio de lo que era desde que se inició la agricultura, así mismo, sólo un 36% de la cobertura forestal son bosques primarios. La deforestación alcanzaría 13 millones de hectáreas al año, principalmente por conversión de bosques a tierras agrícolas, no obstante, la pérdida neta de bosques ha disminuido en los últimos cinco años por la sucesión natural y las plantaciones forestales (FAO 2005). La preocupación que genera esta pérdida se basa en que los ecosistemas de selvas tropicales lluviosos albergan más de la mitad de la riqueza mundial de especies de la tierra, en una extensión que abarcan entre el 6 y 7% de la tierra firme, (Wilson 1988), citado por Céspedes Agüero, MV 2006, (CATIE)³³.

Una de las principales consecuencias de la deforestación es la creación de paisajes fragmentados en los que algunos remanentes del bosque original, de tamaños y formas variables, quedan inmersos en una matriz de hábitats transformados (Kattan 2002). El proceso de fragmentación conlleva una disminución constante en el tamaño de los parches de bosque y el aislamiento creciente de los fragmentos (Bennett 1998). Además de los efectos físicos (en el clima y en el suelo) que la fragmentación puede causar en el ambiente como producto de la deforestación, la fragmentación puede provocar la extinción de muchas especies, tanto a nivel local como regional (Kattan 2002, Bennett 1998 y Primack et ál. 1998). La extinción de las especies como efecto de la fragmentación es motivo de estudio por su complejidad. Al respecto, Primack et ál. (1998)³⁴ señalan que los mecanismos por los cuales la fragmentación amenaza la persistencia de las especies son las barreras que crea para los procesos de

³² Ranganathan, J y Daily G.C. Integración de la biodiversidad y la agricultura. Oxford University Press. 2009

³³ Céspedes Agüero Margarita, 2006, Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).

³⁴ Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas Latinoamericanas. Fondo de cultura económica, México D.F., 1998.

dispersión y colonización de poblaciones de especies que no estén adaptadas a moverse sobre hábitat perturbados, citado por Céspedes Agüero, MV 2006, (CATIE)³⁵.

Por otro lado, los cambios de cobertura agrícola como pastos con árboles, hacia monocultivos como palma que se observan actualmente probablemente reducirían aún más la conectividad existente entre los parches de bosques en los ecosistemas fragmentados.

3.1.11 Conservación y Planificación de Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas no contienen todos los ecosistemas que deberían protegerse en el Ecuador. Los ecosistemas naturales no protegidos albergan un componente importante de la biodiversidad total. Al no estar protegidos, los fenómenos de perturbación, transformación a usos más intensivos y fragmentación permanecen en estos ecosistemas, generando el aislamiento progresivo de los sitios designados como prioritarios para la conservación. Por esta razón, según Poiani et al. 2000, surge la necesidad de planificar la conservación a nivel de paisaje involucrando no sólo los sitios prioritarios protegidos legalmente, sino los paisajes culturales donde están inmersos, creando redes funcionales para la conservación.

La planificación sistemática para la conservación se desarrolla sobre la base de la teoría y los principios de la Ecología y Biología de la Conservación. A nivel regional, este tipo de planificación se caracteriza por su extensión temporal y espacial amplia, para establecer redes de áreas de conservación bajo distintas categorías de manejo, con la participación del estado y la sociedad civil. El objetivo de este tipo de planificación es direccionar los esfuerzos hacia la conservación a escalas mayores mientras se integran ecosistemas y especies a escalas más finas. La efectividad de la planificación sistemática se basa en su eficiencia en usar los recursos limitados para lograr las metas de conservación (Poiani et ál. 2000 y Margalus y Pressey 2000)³⁶.

Las razones principales por las que se hace necesaria una planificación a escala regional según Arango et ál. (2003) son:

- Las áreas protegidas no estarían manteniendo poblaciones viables de las especies que se desean proteger;
- Muchos procesos ecológicos suceden sobre grandes extensiones;
- Una alta proporción de la biodiversidad del planeta –en este caso Ecuador continental no es la excepción- se encuentra en manos privadas fuera de los sistemas de áreas protegidas y
- Los esquemas de conservación especie por especie han resultado ineficientes bajo un esquema costo-beneficio.

La conservación en Redes parte de la priorización de eco-regiones entendiendo por eco-región una unidad de clasificación ecológica relativamente grande, que contiene un conjunto de comunidades naturales, que comparten la mayoría de especies, dinámicas y condiciones ambientales (Dinerstein et ál. 1995). Mientras que organizaciones como TNC han desarrollado propuestas de planificación regional, estableciendo prioridades sobre objetos de conservación (especies, comunidades o ecosistemas) y desarrollando estrategias.

³⁵ Céspedes Agüero Margarita, 2006, Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).

³⁶ Poiani, & et al, Conservación de la Biodiversidad en múltiples escalas espaciales: sitios funcionales, paisajes y Redes. Bioscience, 2000.

A nivel regional y local este tipo de planificación requiere la participación y el concurso del Estado y los demás actores involucrados de la sociedad a nivel de cada país. Además, la planificación sistemática para la conservación se convierte en un proceso de manejo adaptativo, en el cual las primeras aproximaciones con respecto a la funcionalidad de un paisaje o sitio son perfeccionadas a través de investigaciones u observaciones posteriores, realizadas con mayor detalle (Poiani et ál.2000), citado por Céspedes Agüero, MV 2006, (CATIE)³⁷.

3.1.12 Redes Funcionales de Áreas Naturales Protegidas

El concepto de Redes funcionales para la conservación es considerado el eje articulador dentro de la planificación sistemática para la conservación. Las áreas funcionales se caracterizan por su tamaño, configuración y otras características del diseño determinadas por los ecosistemas focales, especies y los procesos ecológicos sostenidos. La teoría dice que un área de conservación es considerada funcional si mantiene los patrones focales bióticos y abióticos y procesos dentro de sus rangos naturales de variabilidad en el tiempo, relevantes para la planificación de la conservación y manejo (ej. 100-500 años).

Asimismo, las áreas de conservación funcionales no se oponen a las actividades humanas, aunque su funcionalidad o integridad quizás sea fuertemente influenciado por tales actividades. Finalmente, las áreas funcionales para la conservación, a todas las escalas, requieren de manejo ecológico o restauración para mantener su funcionalidad (Poiani et ál. 2000).

Dentro de un esquema de planificación se pueden definir tres tipos de áreas funcionales para la conservación: sitios, paisajes y redes. Las características que definen estas áreas de conservación son: la escala, los ecosistemas y las especies que son designados para conservar dentro de sus rangos de variabilidad. A la escala más pequeña, los sitios funcionales conservan un pequeño número de ecosistemas y/o especies; mientras que los paisajes funcionales buscan conservar muchos ecosistemas y especies dentro de sus rangos naturales de variabilidad a todas las escalas debajo de la regional (escalas gruesa, intermedia y local). Las redes funcionales integran los sitios y paisajes designados para conservar especies a escala regional (Poiani et ál. 2000).

Las redes funcionales proveen un contexto espacial adecuado, configuración y conectividad para conservar las especies a escala regional, incorporando en algunos casos el enfoque de conservación de la biodiversidad a múltiples escalas. Esta característica de integrar o no las escalas menores, representadas por los sitios o paisajes funcionales, distingue dos tipos de redes. Sin las redes, los sitios o paisajes funcionales quizás formen una serie de puntos de paso dispersos sin conexión (Poiani et ál 2000)³⁸.

La decisión de si un área es o no funcional entraña preguntas complejas relacionadas con la evaluación de la integridad ecológica. Poiani et ál. (2000 citado por Céspedes Agüero, MV 2006, (CATIE), señalan que los atributos ecológicos adecuados para evaluar funcionalidad son: composición y estructura de los ecosistemas focales y especies, regímenes de medioambiente dominantes incluyendo perturbaciones naturales, dinámica mínima del área y conectividad estructural. Cabe resaltar que el enfoque apropiado para un área de conservación es un proceso interactivo, que responde a un manejo adaptativo que se irá refinando con el avance de las investigaciones en el tiempo.

³⁷ Céspedes Agüero Margarita, 2006, Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).

³⁸ Poiani, & et al, Conservación de la Biodiversidad en múltiples escalas espaciales: sitios funcionales, paisajes y Redes. Bioscience, 2000.

Entre los sitios funcionales protegidos por la legislación en Ecuador, cuya importancia ha sido reconocida por su aporte a la conservación de la diversidad biológica tenemos las áreas naturales protegidas con diferentes categorías de manejo, y los bosques protectores. Sin embargo, es también ampliamente reconocido que la mayoría de estas áreas protegidas no pueden cumplir sus objetivos de conservación si se conciben y se manejan como áreas aisladas.

3.2 La importancia de los Corredores Biológicos

La teoría de la biogeografía de islas³⁹, ha aportado teóricamente para establecer el concepto de corredores biológicos, recomendando: “la protección o provisión de corredores continuos de hábitat para vincular fragmentos aislados como medida de conservación para contrarrestar los impactos de la disminución y fragmentación de los hábitats” (Bennett 1998)⁴⁰. En un inicio la función que se les asigna es conectar las áreas aisladas para promover el intercambio reproductivo de organismos biológicos. Durante la evolución de este concepto se incorpora el análisis de la matriz territorial o mosaico de usos de la tierra que conectan fragmentos de bosque natural a través del paisaje, siendo de mucha importancia el conocimiento de lo que pasa fuera del bosque con el análisis de los sistemas tradicionales de uso del suelo, como la agro-forestería, cultivos múltiples y multiestrato, entre otros (Baudry et ál. 2003, Corry 2004, Sánchez et ál. 2005).

Según Bennett, 1998, a pesar de que el concepto de corredores, su función biológica y su papel para la conservación no están completamente comprendidos, los corredores se han convertido para los planificadores en un mecanismo que busca articular los objetivos de conservación con la implementación de alternativas sostenibles de uso de la tierra (Bennett 1998 y Andrade 2004). En Latinoamérica prima el criterio de los expertos de que para cumplir el objetivo de conservación de los corredores biológicos es necesario llegar a un equilibrio entre las necesidades de las comunidades, la dinámica económica y el potencial de los recursos naturales (Guerrero 2004, citado por Céspedes Agüero, MV 2006), (CATIE)⁴¹,

En este proceso de evolución conceptual, se da actualmente una diversidad de concepciones que coexisten en forma paralela en los proyectos de corredores. Así, en un foro internacional efectuado en Quito por la IUCN, en el año 2004, donde participaron los representantes de diversas propuestas de corredores a nivel de Latinoamérica, se agrupó esta diversidad de aplicaciones en tres tipos de acuerdo a sus objetivos de creación (Tabla 1):

- 1) Corredores biológicos o de hábitat;
- 2) Corredores de conservación y
- 3) Corredores de desarrollo sostenible.

Además de las clasificaciones basadas en sus objetivos, los corredores también han sido clasificados en función a la escala en que se desempeñan. En esta clasificación, los enlaces a escala de paisaje, son los que unen reservas de conservación y suelen tener como propósito mantener la conectividad para agrupaciones enteras más que para especies individuales (Bennett 1998).

³⁹ E. O. Wilson, E. O. y MacArthur, R. Teoría de la biogeografía de islas, 1960.

⁴⁰ Bennett, A. 1998. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN, Gland, CH/ Cambridge, RU. 276 p

⁴¹ Céspedes Agüero Margarita, 2006, Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).

La amplitud del concepto de corredores los convierten en una herramienta versátil apropiada para la aplicación de conceptos que van desde los fundamentos teóricos de la biología de la conservación (Bennett 1998) hasta la aplicación de estrategias de desarrollo sostenible como los principios del enfoque eco-sistémico (Andrade 2004)⁴². Además, han sido considerados, instrumentos útiles en cuanto a la planificación de la adaptación ante la posibilidad de eventos como el cambio climático cuyo pronóstico incierto precisa de la toma de medidas a nivel de paisaje y a escala regional (Malcolm et ál. 2002, IUCN s.f.).

Tabla 1. Tipos de Corredores en Conservación y sus características

Corredores en Conservación y sus Características		
Corredor Biológico	Corredor de Conservación	Corredor de Desarrollo Sostenible
Se concentran en la conectividad biológica, promueven el flujo genético entre fragmentos de hábitat de especies animales o vegetales	Se buscan además de la conectividad biológica, la conectividad social (participación), planeación bio-regional que involucra como componentes críticos a las áreas protegidas y tiene énfasis en prácticas de uso sostenible.	Además de los objetivos de los anteriores buscan la conectividad política (cooperación e integración), conectividad económica y comercial, principios de sostenibilidad, respeto a la diversidad cultural y búsqueda de equidad social

Fuente: Ángela Andrade et ál. Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico, IUCN. 2004

3.2.1 El diseño de los corredores

En el concepto de corredores prevalece la función biológica como eje central del diseño de corredores. Las estrategias o mecanismos para el diseño son igual de variados y parten de diferentes puntos de vista. Bennett (1998) señala que los aspectos biológicos a tomar en cuenta son:

El propósito biológico de la conexión:

- La ecología y comportamiento de la especie que usará el corredor,
- La conectividad estructural,
- Calidad del hábitat,
- Efecto de los límites,
- Ancho, ubicación y monitoreo del uso de los enlaces.

La perspectiva de IUCN es más amplia y general, los pasos que señala comprenden:

- Integración de áreas protegidas,
- Conectividad funcional y específicamente una red de conectividad,
- Conservación de la biodiversidad y
- Planificación y ordenamiento del territorio y los usos, sobre todo usos de tierra compatibles.

Campos y Finegan (2002)⁴³, señalan tres dimensiones (biológica, social y económica), donde se identifican los indicadores y verificadores que justificarían el establecimiento de un corredor biológico. Sus indicadores además de responder al criterio de conectividad biológica, destacan la inclusión de especies o hábitat no representados dentro del sistema de áreas protegidas y la ampliación del área absoluta de los hábitats amenazados.

⁴² Andrade, A. Enfoque ecosistémico y corredores biológicos. In Cracco, M; Guerrero, E. eds. Aplicación del Enfoque Ecosistémico a la Gestión de Corredores en América del Sur. Memorias del Taller Regional, IUCN. Quito- Ecuador 2004.

⁴³ Campos, DP. de; Finegan, B. Principios, criterios e indicadores para la evaluación de corredores biológicos y su aplicación: Caso Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. no.38. 2002.

3.2.3 Conectividad Biológica a través de los Corredores

Para que los corredores Biológicos, proporcionen conectividad en paisajes fragmentados depende de muchos factores, entre los principales se encuentran:

- La especie en cuestión,
- El tipo de hábitat y su condición, y
- El enfoque con que se ataca el problema desde el punto de vista del diseño experimental (Beier y Noss 1998).

La conectividad como concepto propiamente dicho es un término que recoge una diversidad de significados. La razón por la cual no existe un acuerdo en cuanto a la aplicación de este término, es lo relativo a la funcionalidad de la conectividad entre fragmentos, ya que muchos organismos pueden desplazarse a través de la matriz aun cuando no exista un corredor que presente el mismo hábitat que los fragmentos (Kattan 2002).

Goodwyn (2003), estableció diferencias entre conectividad estructural y funcional. Y estableció que para medir la conectividad encontró hasta diez formas diferentes que van desde las más simples, como la cantidad de hábitat en el paisaje, hasta teorías gráficas basadas en complejos modelos matemáticos. Baudry et ál. (2003), integran los conceptos de conectividad estructural y funcional señalando que la conectividad es una medida de la estructura del paisaje y los requerimientos individuales de las especies en cuanto a área y distancias de dispersión. Los modelos elaborados basados en este concepto utilizan las distancias ponderadas entre fragmentos, considerando las diferentes dificultades para el desplazamiento sobre los diferentes usos de la tierra, (citado por Céspedes Agüero, MV 2006).

El componente estructural de la conectividad lo determina la distribución espacial de los tipos diferentes de hábitat en el paisaje. Influyen en él factores como la continuidad de hábitats adecuados, la dimensión de las brechas, la distancia que se debe atravesar, y la presencia de senderos alternativos (característicos de redes). Mientras que el componente funcional de la conectividad se refiere a la respuesta conductual de individuos y especies a la estructura física del paisaje. Intervienen en él factores como la escala en que una especie percibe y se desplaza dentro del medio ambiente, su grado de especialización a un hábitat, su "tolerancia" ante hábitat alterados, la fase de vida, tiempos y formas de desplazamientos y dispersión, y la respuesta de la especie ante depredadores y competidores (Bennett 1998).

Una medida de la conectividad basada en la dinámica de los patrones estructurales y la evaluación del movimiento potencial ofrece la posibilidad de aproximarse a unir los procesos biológicos (comportamiento de las especies) y la dinámica del paisaje. Baudry et ál. (2003), sobre la base de investigaciones que realizaron en cuanto a medidas de conectividad en paisajes fragmentados, que las actividades adoptadas por los agricultores que incorporan árboles en sus sistemas pueden ayudar a mejorar la conectividad.

Tomando en consideración los conceptos sobre conectividad, McGarigal et ál. (2002)⁴⁴ planteo la necesidad desarrollar el cálculo de una serie de medidas de las métricas del paisaje. Estas medidas pueden ser clasificadas de acuerdo a si se toman en cuenta o no procesos ecológicos particulares. La mayoría de medidas están agrupadas bajo el nombre de métricas estructurales, las que pueden ser definidas como aquellas que miden composición física o configuración del mosaico de parches sin referencia explícita a los procesos ecológicos. Por otro lado las métricas funcionales, pueden ser definidas como aquellas que explícitamente miden los patrones del paisaje en una manera que es funcionalmente relevante al organismo o proceso bajo consideración. Así, las métricas de conectividad que consideran la permeabilidad de los

⁴⁴ McGarigal, K; Cushman, SA; Neel, MC. FRAGSTATS: patrón espacial programa de análisis de mapas categóricos. Programa de software fue producido por los autores en la Univesity of Massachusetts, 2005.

varios tipos de parches al movimiento de los organismos o procesos de interés son métricas aproximadamente funcionales, donde, cada parche en el mosaico contribuye al cálculo de la métrica bajo una particular asignación de los coeficientes de permeabilidad (McGarigal et ál. 2002).

Goodwin (2003) señala que en las investigaciones realizadas que utilizan como variable a la conectividad, esta es vista de dos formas como una variable de la cual depende la función biológica que se intenta medir y como una variable dependiente de otros procesos. Goodwin, recomienda que las futuras investigaciones a realizar deberían enfocarse en:

- Establecer las relaciones entre la estructura del paisaje y la forma del movimiento de los organismos,
- Determinar las relaciones entre las medidas de la conectividad, particularmente estructural y funcional, y
- Probar empíricamente modelos predictivos considerando la conectividad en el paisaje.

La conectividad como variable dependiente es calculada en función del arreglo espacial de los fragmentos de hábitat y la composición de los usos de la matriz (Corry 2004). Tischendorf (2001) en un análisis donde mide diferentes índices de conectividad con respecto a las variaciones en los patrones espaciales de uso de la tierra, señala que existe una relación entre los patrones espaciales del paisaje y las medidas de conectividad. Por eso, intuitivamente podemos considerar que cualquier cambio hacia usos de la tierra más intensivos afectará la conectividad entre los fragmentos de bosque aun cuando no hubiera deforestación, (citado por Céspedes Agüero, MV 2006).

3.2.4 Establecimiento de Núcleos prioritarios de conservación para las Redes de Conectividad

Establecer núcleos prioritarios para la conservación es parte fundamental para el diseño de redes de conectividad. Este procedimiento práctico se basa en el concepto que la conservación del paisaje empieza por la comprensión de los objetos prioritarios de conservación en el área (Low 2003). Los objetos de conservación en un paisaje quizás incluyan sistemas ecológicos, comunidades, especies y otros recursos naturales importantes (Low 2003)⁴⁵.

Si la información es escasa sobre especies tanto de flora como de fauna, los objetos de conservación priorizados pueden ser más bien unidades más grandes a escala más gruesa, que quizás incluyen sistemas ecológicos, comunidades ecológicas y otros recursos naturales importantes (Palminteri et ál. 1999)⁴⁶, citado por Céspedes Agüero, MV 2006. Dado el incompleto conocimiento del estado actual de la biodiversidad, Margules y Pressey (2000) sugieren que las variables medioambientales son buenos estimadores de los patrones de distribución espacial de las especies, lo que ha sido demostrado por varios estudios empíricos.

Entre las acciones recomendadas para identificar la lista de objetos de conservación en un paisaje están:

Determinar la viabilidad ecológica de los sistemas y grupos de especies objeto que ocurren en un paisaje, con especial atención a los sistemas en escala gruesa y los sistemas que tienen otros objetos dentro del área y determinar si un objeto de conservación es viable o factible de restaurar (Low 2003).

⁴⁵ Low, G. La conservación a escala de Paisaje, Guía para profesionales. 3ra ed. The Nature Conservancy (TNC), Virginia, Estados Unidos. 62p, 2003.

⁴⁶ Palminteri, S & et al, Corredor Biológico San Juan-La Selva, Costa Rica Un proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano para la protección de la lapa verde y su entorno, Centro Científico Tropical, 2005.

Además, Margules y Pressey (2000)⁴⁷, señalan que hay que tomar en cuenta en forma integrada siete aspectos de la teoría de los procesos ecológicos y evolucionarios:

- La teoría de la biogeografía de islas
- La dinámica de las meta-poblaciones,
- Efectos de las interacciones de las fuentes y caminos para la sucesión,
- Requerimientos auto-ecológicos espaciales,
- Estructura de las poblaciones fuentes-sumidero,
- Efectos de la modificación del hábitat y
- Especies como unidades evolucionarias (preferir áreas cuyo proceso de evolución físico y biológico es mejor comprendido).

Kattan (2002), (citado por Céspedes Agüero, MV 2006), señala que el conocimiento de la dinámica del balance de fuentes y sumideros resulta decisivo en los paisajes fragmentados, puesto que si se destruyen los hábitats fuentes y se preservan solo los sumideros, las especies quedarían condenadas a la extinción. Además, la selección de los parches de bosques prioritarios para conservar en un paisaje fragmentado, dependerá de cómo actúen los mecanismos de extinción a escala de los fragmentos.

Los principales efectos sobre la extinción de las especies en los fragmentos, según Kattan (2002)⁴⁸ son: los efectos del área, borde y aislamiento. Determinar el área mínima viable puede resultar complejo puesto que esto va a depender de los requerimientos individuales de cada especie.

Además, la probabilidad de que un fragmento tenga una variedad de recursos disponibles todo el año, se encuentra en relación directa con su área (Kattan 2002). Bennett (1998)⁴⁹, (citado por Céspedes Agüero, MV 2006), señala que los grandes tramos de hábitat son un recurso escaso y valioso y tienen muchos valores ecológicos intrínsecos, como la diversidad de tipos de vegetación, la probabilidad de que se encuentren hábitats raros o especializados, la riqueza de especies de plantas y animales, el tamaño de las poblaciones y la sostenibilidad de regímenes de perturbación natural.

El grado de aislamiento de un fragmento es también una medida relativa y se da en función de la movilidad de los organismos, de su comportamiento de dispersión y de su capacidad de utilizar los hábitats de la matriz. Así, los procesos eco-sistémicos que son sensibles a efectos de aislamiento son los que dependen de algún vector para el traslado a través del paisaje (Bennett 1998 y Dale et ál. 1994). Asimismo, la presencia del borde en parches de bosque puede tener consecuencias negativas para algunas especies al interior del bosque, por los cambios en las condiciones bióticas y abióticas que el borde origina en sus inmediaciones (Kattan 2002)⁵⁰.

Margules y Pressey (2000) (citados por Céspedes Agüero, MV 2006), plantean que, dado que, la planificación de la conservación es un ejercicio espacial, la protección de sus procesos naturales debe basarse en sus indicadores espaciales más que en los procesos por sí mismos (por ejemplo, tamaño, forma, caminos, cuencas, rutas de migración, etc).

⁴⁷ Margules, C. R. & Pressey, R. L. La planificación sistemática de la conservación, Nature International Weekly journal of science, 2000.

⁴⁸ Kattan, GH. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. 2002.

⁴⁹ Bennett, A. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN, Gland, CH/ Cambridge, 1998.

⁵⁰ Kattan, GH. eds. Ecología y conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, 2002.

3.3 Bosques Primarios considerados como La matriz

Los hábitats en los que se encuentran los bosques primarios, son considerados como la matriz. En tal sentido la capacidad de utilizar la matriz y por lo tanto, de recolonizar un fragmento dentro de esta matriz, es un factor decisivo en la persistencia o no de una especie en un paisaje fragmentado (Gascon et ál. 1999). Los ecosistemas de la matriz son relativamente comunes y típicamente no contienen especies raras. Sin embargo, una matriz estable es a veces una clave de la persistencia a largo plazo de pequeños parches de ecosistemas a escalas menores (Poiani et ál. 2000). Kattan (2002) señala que aún las especies típicas de áreas abiertas se ven amenazadas de extinción cuando un paisaje de pastizales arborizados es transformado en uno de monocultivos extensos. Baudry et ál. (2003), (citados por Céspedes Agüero, MV 2006), señalan que para un sistema agropecuario dado, las restricciones físicas y patrones de campo son tales que la conectividad a través del paisaje permanece a través de los años, mientras que es significativamente diferente entre dos sistemas agropecuarios distintos, entre los cuales los coeficientes de resistencia al desplazamiento son totalmente diferentes.

Aún en el caso que la matriz esté dominada por hábitats abiertos, la presencia de pequeños parches de bosque que sirven como refugios temporales puede permitir el movimiento de algunas especies por el paisaje (Kattan 2002).

Otro factor muy importante para la persistencia de organismos con ciclos de vida complejos, que utilizan más de un tipo de hábitat, es la heterogeneidad. Baudry et ál. (2003) señalan que la comprensión de la dinámica de la conectividad en la matriz depende de tres factores:

- La distribución de la cobertura de la tierra,
- La ubicación inicial de los bosques y los patrones de distribución de las redes de cercas vivas y,
- La distribución de usos de la tierra al interior de fincas.

3.4 Conectividad a través de las cuencas hidrográficas

Stanfield et ál. (2002, 2006, 2009)⁵¹ proponen el uso de las **cuencas hidrográficas**, encontrando que las cuencas parecen proveer una magnífica diversidad de coberturas de bosque, mientras que las cuencas con pocos propietarios proveen menos diversidad pero más bosques conectados. Los resultados sugieren que los patrones de los propietarios de la tierra en una cuenca están fuertemente correlacionados con los patrones de la cobertura del bosque. Sin embargo, a nivel de cuenca poco se sabe acerca del impacto en el hábitat o la biota causado por las interrelaciones entre los diferentes usos de la tierra puesto que la mayor parte de los estudios conducidos se centran en la calidad y cantidad de agua y no en la biodiversidad.

Los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin et ál. 2000). Sobre la base de un estudio que llevaron a cabo en Ecuador continental, Vanacker et ál. (2003) señalan que a pesar de la intensificación del uso agrícola, la proporción de la cobertura total de los bosques logró amplia regeneración de los bosques secundarios en las fincas abandonadas y la reforestación en las tierras degradadas, sin embargo a nivel local el proceso de fragmentación se siguió dando. Por eso, analizar el cambio de uso a nivel espacial es muy importante especialmente en paisajes altamente fragmentados, donde los pequeños hábitat son

⁵¹ Stanfield, BJ; Bliss, JC; Spies. Ecología del Paisaje. 2002.

fundamentales para el arreglo de redes de hábitat (Corry 2004), (citados por Céspedes Agüero, MV 2006).

Como se manifestó anteriormente con la implementación de la reforma agraria en los años 60s y los 70s del siglo pasado, en Ecuador, se dio paso a un proceso de eliminación de bosques naturales y plantación de pastos y cultivos. Se hace evidente que los factores sociales, políticos y económicos influyen determinantemente en el cambio del uso del suelo. Asimismo, las variables medioambientales tienen también una importante influencia sobre la dinámica del cambio de uso de la tierra. Más (2005)⁵², desarrolló una metodología donde analiza el caso de como cinco variables medioambientales pueden influenciar en las evaluaciones de los cambios en el interior y el exterior de las áreas protegidas (AP), en el ámbito de la Reserva de biósfera de Calakmul en México. Las variables independientes evaluadas fueron: elevación, pendiente, suelos, distancia a caminos y distancia a asentamientos y la variable dependiente tomada como indicador de éxito de gestión fue la tasa de deforestación. Los resultados del estudio mostraron que el Área Protegida fue efectiva en prevenir la deforestación, pero que la comparación con la zona de amortiguamiento sobrestima su efectividad. Esto último, debido probablemente a que la deforestación es mucho menor en el Área Protegida que en la zona de amortiguamiento no necesariamente por el manejo efectivo sino por otras condiciones de las variables en estudio que hacen que sea menos susceptible a la deforestación como por ejemplo el hecho casi generalizado de ser áreas mucho más alejadas de las carreteras principales.

Angelsen y Kaimowitz (1999)⁵³, (citados por Céspedes Agüero, MV 2006), clasifican el proceso de cambio de uso de la tierra en tres niveles diferentes: fuentes, causas inmediatas, y causas subyacentes. El primer nivel (fuentes) identifica a los agentes de deforestación (minifundistas, finqueros, madereros, plantación compañías) y su importancia relativa. El siguiente nivel (causas inmediatas), se concentra en las decisiones de los agentes, basadas en sus propias características (fondo, preferencias y recursos) y sobre parámetros de decisión tal como precios, tecnología, instituciones, nueva información y acceso a servicios e infraestructura. Finalmente, las características de los agentes y los parámetros de decisión son determinados por fuerzas más amplias. Estas causas subyacentes de la deforestación influyen en los agentes directos por varios canales: el mercado, la diseminación de nuevas tecnologías e información, el desarrollo de infraestructura, e instituciones, en particular el régimen de propiedad.

3.5 Herramientas de análisis para el diseño de rutas de conectividad

Con el incremento de nuevas herramientas y técnicas más desarrolladas la posibilidad para incorporar diferentes criterios en la aplicación a decisiones de conservación se ha diversificado y mejorado de manera ostensible. El tipo de análisis multicriterio, que parte de la combinación de evaluaciones con análisis de datos espaciales explícitos consistentes tiene múltiples ventajas, una de ellas es que la combinación de diferentes apreciaciones da una valoración más precisa (Margalus y Pressey 2000). Para la aplicación del análisis multicriterio, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son las herramientas más destacadas, puesto que permiten organizar espacialmente la información de modo que se puedan establecer estructuras jerárquicas y permitir el establecimiento de prioridades locales, además de permitir el análisis en el tiempo (Mas 2005; Salem 2003; Leimgruber et ál. 2005 y Prato 2001).

⁵² Mas, JF. Evaluación de la eficacia de áreas protegidas usando (amortiguamiento) áreas circundantes ecológicamente similares a la zona de destino. Monitoreo y Evaluación Ambiental. 2005.

⁵³ Angelsen, A; Kaimowitz, D. Repensar las causas de la deforestación: Lecciones de modelos económicos. 1999.

3.5.1 Análisis Multicriterio

El análisis Multicriterio es una técnica flexible y versátil para tratar con problemas multivariados complejos en un amplio rango de campos de toma de decisión para el manejo de recursos. La base para este análisis es la identificación y selección de un apropiado grupo de indicadores, así como la valoración de los mismos, con los cuales se juzga la condición de un recurso o su estado de sostenibilidad (Sánchez 2002). Además, para calificar los criterios es conveniente valorarlos en función a las características del área de estudio (Sánchez 2002). (Citado por Céspedes Agüero, MV 2006). El análisis Multicriterio espacial contiene un componente geográfico en el cual se combina el empleo de un SIG para el procesamiento de los datos espaciales y las técnicas de análisis Multicriterio. El procedimiento usado en esta metodología involucra la utilización de datos geográficos, las preferencias de los tomadores de decisiones, y la manipulación de los datos y preferencias de acuerdo a reglas de decisión específicas (Malczewski 1999)⁵⁴.

En un modelo de análisis multicriterio no hay una solución que optimice todos los criterios al mismo tiempo. La principal ventaja de este método es que puede considerar una gran cantidad de datos, relaciones y objetivos (con frecuencia en conflicto) que por lo general están presentes en un problema de decisión específica, de modo que ese problema de decisión concreto puede analizarse desde múltiples perspectivas. La principal desventaja es que una acción puede ser más adecuada que otra, conforme a cierto criterio y peor según otro (Malczewski 1999 y Marozzi s.f.). Las consideraciones críticas a tomar en cuenta en esta metodología son: la capacidad del sistema de información geográfica a usar, y, la capacidad del análisis multicriterio para agregar los datos geográficos y las preferencias de los tomadores de decisión en un solo sistema de alternativas de decisión (Malczewski 1999).

3.5.2 Los (SIG) Sistemas de Información Geográfica

Salem (2003), señala las ventajas de las aplicaciones de los SIG. En primer lugar los SIG permiten combinar, comparar y analizar las bases de datos para producir nuevas relaciones entre las características del medioambiente y la asociación entre diferentes biota. En segundo lugar, permiten comunicar en una forma efectiva una gran variedad de información.

Estos sistemas son diseñados para aprovechar los datos disponibles, extraer la información y mostrar el conocimiento necesario, que permita direccionar las acciones de conservación, de acuerdo a las necesidades de los usuarios quienes quizás no sean especialistas de biodiversidad. De esta manera, el SIG aporta a la integración del uso de la información de biodiversidad en el proceso de toma de decisiones a todos los niveles de la sociedad.

La función del SIG más común para el diseño de corredores biológicos, que ha sido usada para establecer las rutas de conectividad, es el *Cost-distance* (Jiménez 2000 y Ramos Bendaña y Finegan 2006). Esta función presente en diferentes *softwares* como *ArcView* e *IDRISI* (Eastman 2003 y ESRI 1996) incorpora una medida de la resistencia de la matriz del paisaje al movimiento de las especies. La función identifica las rutas de menor costo en toda el área de estudio en la cual se han asignado valores de fricción al desplazamiento de las especies para cada unidad de área. En un estudio llevado a cabo con mariposas, Chardon et ál. (2003) comparan la efectividad de la medida que toma la función *cost-distance* comparándola con la distancia euclidiana, encontrando que la primera es significativamente más consistente, debido a la incorporación de la resistencia y la configuración espacial de la matriz, debido a lo cual la convierten en una aproximación más a una medida de la conectividad funcional.

⁵⁴ Malczewski, J. SIG y análisis de decisión multicriterio. John Wiley & Sons, Nueva York, Estados Unidos. 1999.

3.5.3 MARXAN como Instrumento de Diseño de Redes de Áreas Naturales Protegidas

¿Qué es Marxan?⁵⁵

Marxan es un software que proporciona ayuda en la toma de decisiones para el diseño de sistemas de reservas. La idea básica de un problema de diseño de reservas es que un planificador de la conservación cuenta con gran número de sitios potenciales (o unidades de planificación) a partir de los cuales seleccionar nuevas áreas de conservación. Sería deseable concebir un sistema de reservas constituido por una selección de esas unidades de planificación, que dé solución a un problema que incluye diferentes principios y criterios ecológicos, sociales y económicos. Marxan está diseñado, en primer lugar, para solucionar un tipo particular de problema de diseño de reservas, conocido como “el problema de conjunto mínimo”, donde el objetivo es alcanzar una representación mínima de determinados rasgos de la biodiversidad con el menor costo posible. (McDonnell et al. 2002). Esto se basa en el hecho de que hay más posibilidades de implementar aquellas redes de reserva menos costosas o que afectan menos a la sociedad. Asimismo, al alcanzar un conjunto de metas cuantitativas para todos los objetos de conservación, se proporciona una plataforma sólida propicia para la futura expansión de un sistema de reservas; con frecuencia, resulta difícil expandir los sistemas de reservas sesgados hacia hábitats de poco valor comercial. En los problemas de conjunto mínimo, los elementos de la biodiversidad que se desean conservar se introducen como limitaciones a las soluciones del problema (Possingham et al 2000). Contando con una información razonablemente abarcadora referente a la especies, los hábitats u otros objetos relevantes de la biodiversidad, Marxan se propone identificar el sistema de reservas (una combinación de unidades de planificación) que cumplirá, con un costo mínimo, las metas cuantitativas de biodiversidad definidas por el usuario (Ball y Possingham 2000; Possingham et al 2000).

Como ejemplo, una posible meta cuantitativa de la biodiversidad pudiera ser garantizar que al menos se represente en una red de áreas protegidas, el 30 % de la abundancia de cada tipo de vegetación. Si dicha protección sólo es posible mediante la compra de terrenos, es entonces probable que un planificador (y los políticos), deseen contar con un sistema de reservas que minimice el costo monetario total de la compra del terreno necesario para cumplir con las metas de conservación, (Carwardine et al. 2006). En los casos donde el costo real del terreno no esté disponible, el área de reservas pudiera ser utilizada como sustituto del costo, basado en la suposición de que mientras más extenso sea el sistema de reservas, más costoso resultará implementarlo y manejarlo (aunque éste no sea siempre el caso). El costo utilizado en Marxan puede ser también una medida relativa de costos, ya sean de carácter social, económico o ecológico, o una combinación de estas.

La cantidad de posibles soluciones, incluso para un pequeño problema de selección, es muy grande (sólo para una pequeña cantidad de 200 unidades de planificación se obtienen más de 1.6×10^{60} formas posibles de configurar un sistema de reservas).

Debido a que encontrar la mejor solución a este tipo de problema resulta un proceso complejo y que demanda mucho tiempo de trabajo, se han desarrollado algoritmos de computación para resolverlo. Un algoritmo es un proceso matemático o una serie de reglas para la solución de problemas. Se han concebido dos tipos generales de herramientas para solucionar los problemas de “diseño de reservas”: algoritmos exactos y algoritmos heurísticos (no exactos).

⁵⁵ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

Aunque los algoritmos exactos pueden identificar la solución óptima única, resulta difícil y muchas veces imposible, encontrar la solución única a problemas de diseño de sistemas de reservas extensos, en un periodo de tiempo razonable (Possingham et al. 2000; Cabeza 2003). Los algoritmos heurísticos, por otra parte, brindan gran variedad de soluciones buenas, casi óptimas, que no sólo proporcionan a los planificadores y las partes interesadas (stakeholders) una serie de opciones a tomar en consideración, sino que además, pueden ser generadas con gran rapidez. (Possingham et al. 2000; McDonnell et al. 2002; Cabeza 2003). Como resultado, por lo general se prefieren los algoritmos heurísticos a los exactos. Marxan posibilita encontrar, en poco tiempo, una gama de soluciones casi óptimas (incluso para problemas de planificación realmente grandes), utilizando un algoritmo heurístico muy poderoso conocido como ‘templado simulado’ (simulated annealing) (Apéndice B-2.1). El algoritmo de templado simulado, por lo general, se acercará mucho más a la solución óptima que otros métodos heurísticos como el llamado “Ávido” (Apéndice B-2.3.1). Si se desea, Marxan también posibilita la búsqueda de soluciones empleando diversos algoritmos menos sofisticados, pero con frecuencia más rápidos.

3.5.4 Interrogantes que MARXAN puede ayudar a resolver

La función principal de Marxan es facilitar la selección eficiente de subconjuntos a partir de un conjunto grande de objetos permanentes en el espacio, que son representados en un mapa. Aunque Marxan fue diseñado en sus orígenes para garantizar la representación de las especies y los ecosistemas en la planificación de la conservación de la biodiversidad, y se ha aplicado fundamentalmente a este campo, ha quedado demostrado que es aplicable a una amplia gama de actividades de planificación. Marxan puede ayudar fundamentalmente en la solución de problemas relacionados con la selección espacial explícita de ‘conjuntos mínimos’.

Por ejemplo, se ha utilizado para identificar un conjunto eficiente, desde el punto de vista espacial, de “zonas de pesca” (Ban, Comunicación Personal); mientras que en el campo del manejo de los recursos naturales marinos y de zonas costeras, Marxan se ha utilizado para apoyar planes de zonación de uso múltiple que equilibran los diversos intereses de la pesca, la transportación y la conservación entre otros. Por ejemplo. Fernandes et al. (2005). Chan et al. (2006) han explorado el uso de Marxan para lograr tanto metas de servicios de ecosistema, como de biodiversidad. Algunas de estas aplicaciones requerirán de un uso más creativo de Marxan y no contamos con espacio suficiente para ofrecer una guía en este sentido, Sugerimos que una vez que se familiarice con las operaciones básicas de Marxan, usted busque algunos de los diversos ejemplos de operaciones con Marxan que han sido publicados, y consulte el MGPB.

3.5.5 La función objetivo

Para que Marxan encuentre buenas soluciones a un problema debe contar con una base para comparar soluciones alternativas (es decir, conjuntos de unidades de planificación) y por consiguiente, identificar las mejores. Esto se logra mediante el uso de una función matemática objetivo que calcula un valor para varias unidades de planificación, basándose en los diferentes costos que puede tener el conjunto seleccionado y en las penalidades por no cumplir con las metas cuantitativas de conservación u otras metas. De esta manera, una solución donde la cantidad de unidades de planificación sea cero, a pesar de que su implementación sería muy poco costosa, no cumplirá ninguna meta de conservación de la biodiversidad y por consiguiente, el valor de la función objetivo, deberá ser muy bajo. Poder contar con una función objetivo que asigna un valor a un determinado sistema de reservas, nos permite automatizar la selección de buenas redes de reservas (al menos, según la función objetivo). Marxan no hace más que comprobar de manera continua las selecciones alternativas de unidades de planificación, con el propósito de mejorar el valor de todo el sistema de reservas en conjunto.

El valor de la función objetivo debe, por supuesto, reflejar la conveniencia de ese sistema de reservas específico. En su forma más simple, la función objetivo de Marxan es una combinación del costo total del sistema de reservas y la penalidad por aquellas metas ecológicas que no se cumplan. La función objetivo está diseñada de forma que mientras más bajo sea su valor, mejor sea el resultado. Asimismo, Marxan permite que se tenga en cuenta una medida de la fragmentación del sistema de reservas, de modo que, por lo general, se va a desear contar un sistema de reservas que no esté muy fragmentado. Un sistema de reservas fragmentado no solo conducirá, con frecuencia, a una fragmentación no deseada de las comunidades ecológicas, sino que es probable que el manejo y el cumplimiento se tornen más difíciles y costosos. Una red de reservas más fragmentada tendrá una mayor longitud total de frontera. Esa longitud de frontera, adicionando una mayor importancia en comparación con otros componentes del objetivo (costo y objetivos a cumplir), puede ser incluida en la función objetivo. La posible adición final a la función objetivo constituye una penalidad por exceder algunos costos pre-establecidos.

Aunque Marxan siempre intenta encontrar la red de reservas efectiva menos costosa, en ocasiones (o con frecuencia) pudiera encontrar restricciones fiscales invariables para las acciones de conservación. En esos casos, deseamos garantizar las mejores soluciones teniendo en cuenta que se utilice sólo el presupuesto disponible.

Así, la función objetivo en Marxan toma la siguiente forma:

$$\sum_{PVs} Cost + BLM \sum_{PVs} Límite + \sum_{Cox Value} SPF + Penalización + Penalidad por exceder un umbral de costo \ (t)$$

The diagram shows the formula with four numbered boxes: Box 1 is above the first summation term; Box 2 is above the second and third summation terms; Box 3 is below the second summation term; and Box 4 is below the final two terms. A red bracket groups the second and third terms under Box 2. A green bracket groups the third and fourth terms under Box 4.

- El costo total de la red de reservas (requerido).
- La penalidad por no representar adecuadamente los objetos de conservación (requerido).
- La longitud total de frontera de la reserva, multiplicada por un modificador (opcional).
- La penalidad por exceder un umbral de costo pre-programado (opcional-ver nota al pie⁵⁶).

Los términos uno y tres pueden analizarse como ‘costos’, mientras que los términos dos y cuatro son penalidades por incumplir diferentes criterios. Por lo general, no aconsejamos utilizar la penalidad de umbral de costo. Información más detallada referente a la función objetivo y al cálculo de cada uno de los diferentes términos puede encontrarla en el Apéndice B-1. La Sección 3 de este manual contiene detalles sobre cómo controlar cuáles objetos contribuyen a la función objetivo y cuál será la dimensión de las penalidades.

⁵⁶ Debido a resultados inconsistentes que se obtienen en ocasiones, la Penalidad de Umbral de Costo de Marxan está siendo reprogramada en estos momentos. Se recomienda que dicha función se ejecute cuidadosamente.

3.5.6 Pre-procesamiento de la información

De hecho, ejecutar Marxan para generar soluciones de reservas será, por lo general, la fase de rápida ejecución de un ejercicio de planificación de la conservación.

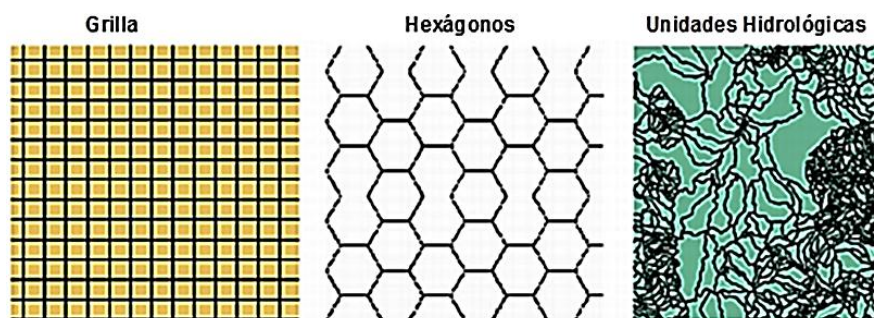
Primeramente, se deben completar un número de pasos que, con frecuencia, demandan tiempo de trabajo.

3.5.7 Seleccionar las unidades de planificación

Un paso esencial del Pre-procesamiento es dividir la región de planificación en un conjunto de unidades de planificación. En el apéndice C-2 se brinda asesoramiento sobre algunos métodos utilizados para crear las unidades de planificación. En su forma más simple, las unidades de planificación pueden ser definidas cubriendo la región de planificación con una red de cuadrículas o un entramado de hexágonos.

Ellos deben abarcar todas las zonas que pudieran ser seleccionadas como parte del sistema de reservas, y su tamaño debe ser de una escala apropiada, considerando tanto las características ecológicas que se desean captar como el tamaño de las zonas protegidas que se espera sean establecidas. En general, su resolución no debe ser más fina que la de los datos sobre los objetos de conservación, ni tan gruesa que no facilite las decisiones de manejo. Sin embargo, no es necesario que las unidades de planificación sean uniformes. Ni es siempre cierto que unidades de planificación más pequeñas sean mejores. En algunos casos, tendría más sentido tener unidades de planificación que informan sobre divisiones ecológicas naturales, tales como las unidades hidrológicas, o incluso divisiones político- gubernamentales como las parcelas catastrales. Una unidad de planificación uniforme arrojará resultados más útiles para otros usos.

Gráfico 1. Tres tipos posibles de unidades de planificación que se pueden utilizar con Marxan.



Fuente: Manual de Buenas Prácticas de Marxan, versión en Español.

Existe un límite en la cantidad de unidades de planificación con las que Marxan puede operar. No obstante, no es una cifra fija ya que ello depende también de la cantidad de objetos de conservación que se desea planificar e incluso, en alguna medida, de la potencia de su computadora. Desafortunadamente, no conocemos ninguna regla general efectiva para evaluar esa cifra, se han ejecutado análisis con Marxan, de manera bastante exitosa, con 10 mil unidades de planificación y 100 objetos de conservación. Análisis de grandes volúmenes (ej, > 20 mil unidades de planificación) deben realizarse ejecutando la versión optimizada de Marxan (2.0.2.) que está también disponible en el sitio web del Centro de Ecología (vea Sección 1.1.1) La cantidad de unidades de planificación y objetos con las que puede operar esta versión se ve limitada únicamente en dependencia de la memoria disponible.

Se debe tener extremo cuidado al escoger las unidades de planificación adecuadas, ya que ellas influirán en los resultados del análisis hecho con Marxan. En la sección de Referencias

Principales se hace alusión a este tema. Aunque rara vez se hace, no hay razón alguna por la que no se puedan ejecutar dos análisis que utilizan diferentes unidades de planificación.

3.5.8 Determinar la distribución de los objetos de conservación

Un segundo paso importante que debe darse antes de emplear Marxan es determinar la distribución de los objetos de conservación en las unidades de planificación. Esto significa recopilar toda la información necesaria acerca de los objetos de conservación y luego calcular cuánto (área, número de incidencias, etcétera) de cada uno de ellos hay en cada unidad de planificación. Para hacer esto, generalmente se necesitará tener algún conocimiento sobre sistemas de información geográfica (SIG); en el apéndice C se brinda una explicación sobre una manera de hacerlo. En la mayoría de los casos, recopilar la información necesaria y calcular la representación de los objetos de conservación en las unidades de planificación implica un esfuerzo mayor que la ejecución de Marxan. Los administradores de proyectos deben tener mucho cuidado de destinar tiempo suficiente para este paso.

3.6 Las Áreas Naturales Protegidas en el Ecuador. SNAP

La actual Constitución Política del Ecuador (2008)⁵⁷, en su Art. 405, establece que: “el Sistema Nacional de Áreas Protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado, quien asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión”.

En Ecuador el Sistema (**SNAP**) se integra por los subsistemas:

- Estatal, (PANE: Patrimonio de Áreas Naturales del Estado)
- Autónomo descentralizado,
- Comunitario y
- Privado.

EL PANE. Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Estado

El Patrimonio de Áreas Naturales del Estado es uno de los cuatro subsistemas que establece la Constitución Política de la República del Ecuador, está a cargo del Ministerio del Ambiente, y actualmente comprende 47 áreas naturales protegidas, con una superficie terrestre de 4.897.108 Has, superficie marina de 14.220.468 Has, con un total de 19.117.576 Has, con el Patrimonio Forestal comprendido en los Bosques Protectores que son: las formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que ayudan a la conservación del suelo y la vida silvestre; las que permitan controlar fenómenos pluviales o la preservación de cuencas hidrográficas, las que constituyen cortinas rompe vientos o de protección; las que están en áreas de investigación hidrológico forestal y las que constituyen un factor de defensa de los recursos naturales (Art. 6 Ley Forestal). Con una superficie de 2' 270.713 Has (22.707Km²).

El Subsistema Autónomo Descentralizado

Comprende las áreas Protegidas de Gobiernos Provinciales y Municipales Autónomos Descentralizados, contribuye con la protección y conservación de la biodiversidad existente en el país.

⁵⁷ Constitución Política de la República del Ecuador. 2008.

El Subsistema de Áreas Protegidas Comunitarias

Son las áreas protegidas de carácter comunitario, y se gestionan desde los organismos seccionales.

El Subsistema de Áreas Protegidas Privadas

Las áreas Protegidas Privadas son espacios naturales de dominio privado que se encuentran bajo protección legal cuya gestión está sometida a un manejo sustentable que permite cumplir con objetivos de conservación del patrimonio natural y están sujetas a las leyes de la constitución ecuatoriana.

Los Bosques Protectores

Comúnmente, en los textos de Ingeniería Forestal encontramos como definición de Bosque Protector lo siguiente: Bosque que no permite el aprovechamiento comercial de la madera ni la remoción del suelo, conservando en forma permanente su vegetación y admitiendo únicamente el enriquecimiento necesario para garantizar una mayor protección y conservación de las fuentes de agua, fauna y bancos genéticos.

En Ecuador Continental existen 175 espacios considerados como Bosques Protectores, la mayoría de ellos pertenecientes al Estado, y otros de carácter privado y comunal. Acumulan una superficie de más de 2 millones de Hectáreas, en los cuáles se encuentran muchas formaciones eco-sistémicas que no están suficientemente representados en las Áreas Naturales Protegidas.

En el capítulo III de la Ley Forestal vigente en Ecuador, acerca de los Bosques y Vegetación Protectores, manifiesta:

En su artículo 6, Se consideran bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos:

- a. Tener como función principal la conservación del suelo y la vida silvestre;
- b. Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial;
- c. Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, comentes o depósitos de agua;
- d. Constituir cortinas rompe-vientos o de protección del equilibrio del medio ambiente;
- e. Hallarse en áreas de investigación hidrológico-forestal;
- f. Estar localizados en zonas estratégicas para la defensa nacional; y,
- g. Constituir factor de defensa de los recursos naturales y de obras de infraestructura de interés público.

En el art 7, manifiesta que, “sin perjuicio de las resoluciones anteriores a esta Ley, el Ministerio del Ambiente determinará mediante acuerdo, las áreas de bosques y vegetación protectores y dictará las normas para su ordenamiento y manejo. Para hacerlo, contará con la participación del CNRH.

Tal determinación podrá comprender no sólo tierras pertenecientes al patrimonio forestal del Estado, sino también propiedades de dominio particular”.

En el capítulo IV, acerca de las Tierras Forestales y los Bosques de Propiedad Privada, en su artículo 9, manifiesta que “Entiéndase por tierras forestales aquellas que por sus condiciones naturales, ubicación, o por no ser aptas para la explotación agropecuaria, deben ser destinadas

al cultivo de especies maderables y arbustivas, a la conservación de la vegetación protectora, inclusive la herbácea y la que así se considere mediante estudios de clasificación de suelos, de conformidad con los requerimientos de interés público y de conservación del medio ambiente”. Y en el artículo 1, establece que “Las tierras exclusivamente forestales o de aptitud forestal de dominio privado que carezcan de bosques serán obligatoriamente reforestadas, estableciendo bosques protectores o productores, en el plazo y con sujeción a los planes que el Ministerio del Ambiente les señale”⁵⁸.

La Ley Forestal vigente desde 1981, se la considera como un instrumento polémico y difuso; con lo que respecta a los Bosques Protectores, ya que evidentemente permite la tala forestal, bajo el llamado aprovechamiento forestal sustentable, de lo que entonces se podría y de hecho así se interpreta, la figura de los Bosques Protectores no como una forma de Protección y conservación sino más bien como un instrumento legal que permite la tala forestal.

Una de las propuestas de este trabajo de investigación consiste en que los llamados Bosques Protectores sean re-categorizados como Áreas Naturales Protegidas, si no en su totalidad, a la mayoría de espacios así considerados, principalmente los Bosques Protectores del Estado que tienen grandes extensiones en zonas donde no se han declarado Áreas Naturales Protegidas.

⁵⁸ Ley Forestal del Ecuador, vigente desde 1981

4. Materiales y Métodos.

4.1 Área de Estudio

El Ecuador se encuentra ubicado en la costa noroeste de América del Sur, esta sobre el Paralelo Cero, limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú, y al oeste con el Océano Pacífico, que baña el perfil costanero ecuatoriano. Tiene una superficie de 256.370 Km², de los que 248.360 Km² corresponden al Ecuador continental objeto del presente estudio. Se extiende entre las latitudes 01° 30'N y 05° 00'S y entre las longitudes 75° 20'W y 81° 00'W. Tradicionalmente el área continental está dividida en tres regiones naturales: Costa (Litoral), Sierra (Andes) y Oriente (Amazonía). Al estar atravesado por la Cordillera de los Andes presenta una orografía muy diversa por tanto su altitud varía desde los 0° al nivel del mar hasta 6.310 metros de elevación, en el volcán Chimborazo. Tiene una población aproximada de 14'000.0000 de habitantes⁵⁹.

Ecuador ocupa el séptimo lugar entre 17 países más ricos en biodiversidad en el planeta, y es el país de más alta diversidad del mundo con respecto a su superficie. A pesar de tener un territorio relativamente pequeño (256.370 Km², 0.19% de la superficie del planeta) posee más de 18.189 especies de plantas vasculares (Neill & Ulloa, 2011), de las cuales más de 5.000 especies son endémicas, lo que le convierte en uno de los países con más diversidad vegetal por unidad de superficie.

Sin embargo de estas características, y de acuerdo a varios estudios hay muchos espacios y áreas que no están consideradas dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas SNAP, y que representan o contienen ecosistemas de alto valor para la conservación de la Biodiversidad en el Ecuador continental.

El presente trabajo investigativo abarca todo el Ecuador Continental, esto es una superficie de 256.370 Km²; se ha tomado en cuenta los cuatro subsistemas del SNAP: las 40 Áreas Naturales Protegidas continentales del PANE continentales declaradas hasta el 2013, Áreas Naturales Protegidas de Gobiernos Descentralizados, Áreas Naturales Protegidas Comunitarias y de Carácter Privado, así como los llamados Bosques Protectores, considerando una superficie bajo algún mecanismo de conservación de 56.320 Km², siendo uno de los países con mayor territorio protegido del mundo.

⁵⁹ Censo Nacional. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC.2010

Mapa 1. Área de Estudio. Ecuador Continental



4.1.2 Áreas Naturales Protegidas del Patrimonio Nacional del Estado (PANE) y Bosques Protectores

El rango altitudinal va desde el nivel del mar y sobrepasa los 6.000 msnm, considerando varias elevaciones de la cordillera de los Andes que sobrepasan la altura indicada, como el Volcán Cotopaxi, el Chimborazo, el Antisana y otros que están dentro de las Áreas Naturales Protegidas.

Tabla 2. Áreas Naturales Protegidas del Estado, Superficie en Has

AREA NATURAL		SUPERFICIE		
		Terrestre. ha	Marina. ha	Total. ha
1	PARQUE NACIONAL CAJAS	28.808	0	28.808
2	PARQUE NACIONAL COTOPAXI	33.393	0	33.393
3	PARQUE NACIONAL GALAPAGOS	799.540	0	799.540
4	PARQUE NACIONAL LLANGANATES	219.707	0	219.707
5	PARQUE NACIONAL MACHALILLA	56.184		56.184
6	PARQUE NACIONAL PODOCARPUS	144.993	0	144.993
7	PARQUE NACIONAL SANGAY	517.765	0	517.765
8	PARQUE NACIONAL SUMACO	205.249	0	205.249
9	PARQUE NACIONAL YASUNI	982.000	0	982.000
10	PARQUE NACIONAL YACURI	43.906	0	43.906
11	PARQUE NACIONAL CAYAMBE COCA	403.103	0	403.103
12	RESERVA BIOLOGICA LIMONCOCHA	4.613	0	4.613

AREA NATURAL		SUPERFICIE		
		Terrestre. ha	Marina. ha	Total. ha
13	RESERVA BIOLOGICA MARINA DE GALAPAGOS		14.110.000	14.110.000
14	RESERVA BIOLOGICA CERRO PLATEADO	26.114	0	26.114
15	RESERVA ECOLOGICA ANTISANA	120.000	0	120.000
16	RESERVA ECOLOGICA ARENILLAS	17.082	0	17.082
17	RESERVA ECOLOGICA EL ANGEL	15.715	0	15.715
18	RESERVA ECOL. CAYAPAS MATAJE	49.350	0	49.350
19	RESERVA ECOLOGICA COFAN BERMEJO	55.451	0	55.451
20	RESERVA ECOL. COTACACHI CAYAPAS	243.638	0	243.638
21	RESERVA ECOL. LOS ILINIZAS	149.900	0	149.900
22	RESERVA ECOL. MACHE CHINDUL	119.172	0	119.172
23	RESERVA ECOL. MANGLAREAS CHURUTE	55.212	0	55.212
24	RESERVA GEOBOTANICA. PULULAHUA	3.460	0	3.460
25	RESERVA FAUNISTICA CHIMBORAZO	58.560	0	58.560
26	RESERVA FAUNISTICA CUYABENO	603.380	0	603.380
27	RESERVA DE PRODUCCION DE FAUNA MANGLARES EL SALADO	5.309	0	5.309
28	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE PASOCHOA	500	0	500
29	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES ESTUARIO RIO MUISNE	3.173	0	3.173
30	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE ISLA CORAZON	700	0	700
31	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE ISLA SANTA CLARA	5	0	5
32	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE LA CHIQUITA	809	0	809
33	AREA NAC.DE RECREACION EL BOLICHE	400	0	400
34	ÁREA NAC. DE RECREACION PARQUE-LAGO	2.283	0	2.283
35	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE EL ZARZA	3.643	0	3.643
36	RESERVA BIOLÓGICA EL CONDOR	2.440	0	2.440
37	RESERVA BIOLÓGICA EL QUIMI	9.071	0	9.071
38	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES EL MORRO	10.130	0	10.130
39	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MANGLARES ESTUARIO RIO ESMERALDAS	242	0	242
40	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE MARINO COSTERO PACOCHE	5.044	8.586	13.630
41	RESERVA DE PRODUCCION FAUNISTICA MARINO COSTERA PUNTILLA STA. ELENA	177	47.278	47.455
42	RESERVA MARINA GALERA SAN FRANCISCO		54.604	54.604
43	ÁREA NAC.DE RECREACIÓN SAMANES	380	0	380
44	ÁREA NAC.DE RECREACIÓN ISLA SANTAY	2.214	0	2.214
45	REFUGIO DE VIDA SILVESTRE EL PAMBILAR	3.123	0	3.123
Subtotal SUPERFICIE TERRESTRE del SNAP		5.005.938		
Subtotal SUPERFICIE MARINA del SNAP			14.220.468	
SUPERFICIE TOTAL del SNAP [ha]				19.226.406
Porcentaje de superficie del SNAP en relación a la Superficie Del Territorio Nacional (25'637.000 ha)		19,1 %		

Fuente: Dirección Nacional de Biodiversidad - Ministerio del Ambiente.

Mapa 2. Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Estado. PANE

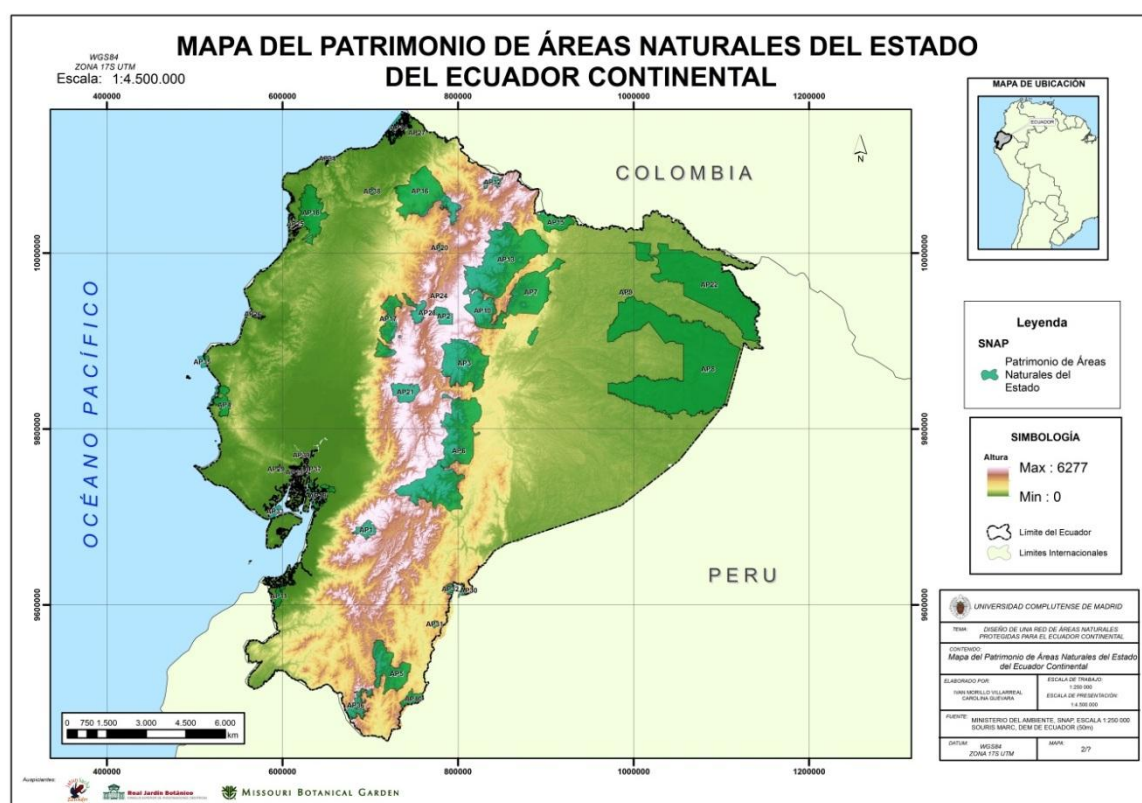


Tabla 3. Áreas Naturales Protegidas del Ecuador Continental con la Codificación Para este Proyecto, Superficie en Has

Código	Nombre	Hectáreas
AP1	Cajas	29389,40
AP2	Cotopaxi	32271,70
AP3	LLanganates	221145,00
AP4	Machalilla	48216,80
AP5	Podocarpus	138493,00
AP6	Sangay	486613,00
AP7	Sumaco Napo-Galeras	206162,00
AP8	Yasuní	1030070,00
AP9	Limoncocha	3692,51
AP10	Antisana	120581,00
AP11	Arenillas	17083,90
AP12	El ángel	15974,50
AP13	Cayambe Coca	408285,00
AP14	Manglares Cayapas Mataje	56420,10
AP15	Cofán Bermejo	55026,20
AP16	Cotacachi Cayapas	232569,00
AP17	Los ILinizas	134233,00
AP18	Mache Chindul	119993,00
AP19	Manglares Churute	50070,10
AP20	Pululahua	3441,79
AP21	Chimborazo	52683,30
AP22	Cuyabeno	585236,00
AP23	Manglares El Salado	9650,65
AP24	Pasocha	619,36
AP25	Manglares Estuario del Río Muisne	3173,29

Código	Nombre	Hectáreas
AP26	Islas Corazón y Fragatas	524,74
AP27	La Chiquita	811,85
AP28	El Boliche	385,54
AP29	Parque Lago	2148,88
AP30	El Cóndor	7904,19
AP31	El Zarza	3642,62
AP32	El Quimi	9026,70
AP33	Manglares El Morro	11806,80
AP34	Manglares Estuario del Río Esmeraldas	242,58
AP35	Pacoche	13630,00
AP36	Yacuri	43090,60
AP37	Isla Santay	2214,82
AP38	El Pambilar	3108,92
AP39	Los Samanes	602,06
AP40	Cerro Plateado	26669,00

Fuente: Dirección Nacional de Biodiversidad - Ministerio del Ambiente.

Tabla 4. Bosques Protectores del Ecuador Continental, superficie en Has

Cod	Bosque Protector	Has
BP1	Barrio Susuco	101,74
BP2	Daule – Peripa	219574,00
BP3	Asociación Agrícola Carchi – Imbabura	2363,58
BP4	Cuencas de los Ríos Tabiazo y Atacames	8329,18
BP5	Margen derecha del Estero Tonchigue	188,10
BP6	Suro Chiquito	37,60
BP7	Cubilán	1011,10
BP8	Toachi Pilatón	70892,80
BP9	Flanco Oriental de Pichincha y Cinturón Verde de Quito	31672,80
BP10	Casacay	12577,10
BP11	Cashca Totoras	6471,86
BP12	Neblina Sur	1029,37
BP13	Cerro Casigana	138,06
BP14	Cerro Blanco	3397,78
BP15	Gineales Samana y Mumbes	3425,13
BP16	Cerro Golondrinas	13550,30
BP17	Ciudad de los Muchachos	63,08
BP18	Río Lelia	3234,00
BP19	Cuenca del Río Paján	17921,10
BP20	Cuenca Río Guayllabamba (área 2), área entre el Río Tulumbí y margen derecha del Río Alambi	1174,30
BP21	Río Arenillas presa Tahuin	47676,60
BP22	Cuenca del Río Cajones	881,76
BP23	Colambo – Yacuri	97,53
BP24	Cuenca del Río Cube	1044,57
BP25	Cumandá	42,18
BP26	Cushnirumi (San Alberto)	84,39
BP27	Chilcapamba y Aromapamba	89,59

Cod	Bosque Protector	Has
BP28	Chilicay y Manuelita	618,75
BP29	Chillanes Bucay	1918,27
BP30	San Segundo	32,46
BP31	El Bosque	678,01
BP32	Tanti	289,95
BP33	El Guabo	2304,98
BP34	El Placer y la Florida	326,67
BP35	Estación Científica Río Guajalito	385,42
BP36	Estero Salado	47,15
BP37	Hacienda Aguallaca	1647,98
BP38	Hacienda Cigasa	465,03
BP39	Hacienda Shishimbe	1352,23
BP40	Hoya de Loja Flanco Occidental	3282,50
BP41	La Chorrera	2045,00
BP42	La Indiana	165,95
BP43	Lamone	2897,56
BP44	Hacienda La Perla	3570,97
BP45	La Prosperina	242,36
BP46	Loma Alta y Ampliación	2863,38
BP47	Maquipucuna	2474,22
BP48	Subcuencas de los Ríos Matiavi y Mulidianhuan (Peña Blanca)	972,68
BP49	Mazán	2395,86
BP50	Microcuenca Quebrada Jorupe y Cerros Jatopamba , Shulo Chuqui y Murinuma	8125,14
BP51	Mojanda Grande	815,58
BP52	Moravia	603,87
BP53	Cuenca del Río Moro – Moro	3131,20
BP54	Naranja Pata	170,53
BP55	Pajas de oro	278,37
BP56	Pata de Pájaro	4336,53
BP57	Hacienda Piganta	1005,19
BP58	Pishashi	32,65
BP59	Potrero de Shiscal	55,40
BP60	San Francisco	275,06
BP61	Sancán y Cerro Montecristi	8064,45
BP62	Santa Rita	2289,54
BP63	Hacienda Santa Rosa	101,40
BP64	Siempre Verde	406,59
BP65	Siempre Vida	310,24
BP66	Subcuenca del Río Chongón	17037,50
BP67	Subcuencas de los Ríos Canta-Gallo y Jipijapa	6541,93
BP68	Sun Sun Yanasacha	5293,50
BP69	Animanga o Taminanga Grande	1096,13

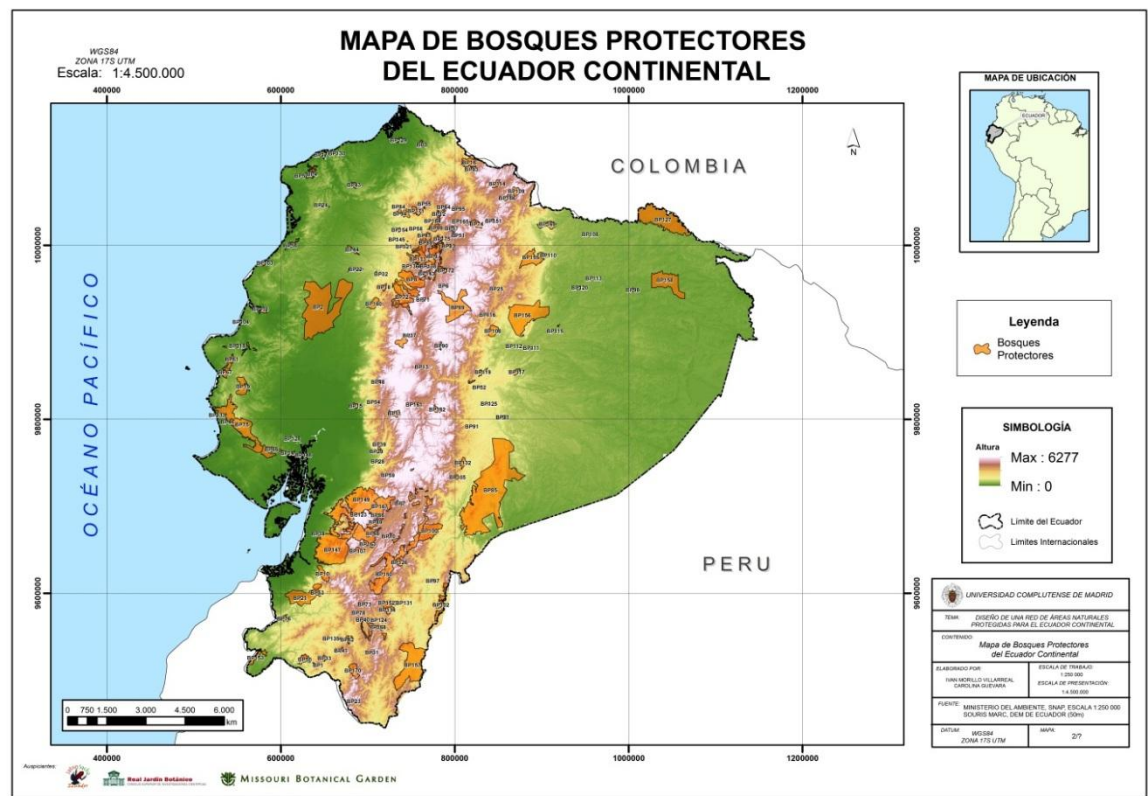
Cod	Bosque Protector	Has
BP70	Totorillas	778,27
BP71	Umbría	971,25
BP72	Zarapullo	21328,80
BP73	Zhique Salado	137,98
BP74	Zuleta y Anexo Cía. Ltda.	8048,61
BP75	Cordillera Chongón Colonche	83953,60
BP76	Bosque Petrificado del Puyango	3917,19
BP77	Dr. Servio Aguirre Vilamagua	36,13
BP78	El Sayo	115,78
BP79	Rumi Wilco	39,19
BP80	Papaloma Charum	146,44
BP81	Tsuraku ó Arutam	2761,65
BP82	Esterillo Oloncito	2,33
BP83	Jerusalén	1160,53
BP84	Cebú	2216,20
BP85	Cordillera Kutuku y Shaimi	344002,00
BP86	Subcuenca del Río Dudahuaycu	531,45
BP87	Hacienda Santa Martha de Shical	20,29
BP88	Cuenca Río Guayllabamba (área 1), área de drenaje de los Ríos Umachaca, Quebrada Afilana, Margen izquierda del Río Pichán, Alambi Alto y Tandayapa	14452,40
BP89	Subcuencas altas de los Ríos Antisana, Tambo, Tamboyacu y Pita	59263,80
BP90	Parte de los Cerros de los Llanganates	1191,71
BP91	BioGeoCultural Tuna Karamma	399,39
BP92	El Sendero Palo Santo	10,29
BP93	Mirador de las Golondrinas	177,38
BP94	Los Cedros	5255,58
BP95	Peribuela, Imantag	346,64
BP96	Hacienda San Eloy	36,59
BP97	Samikimi	550,20
BP98	Sacha Lodge	1475,08
BP99	Cambugan	4115,83
BP100	Tinajillas Río Gualaceo	33123,20
BP101	Manglar de Chone	8586,29
BP102	Cordillera del Cóndor	17192,10
BP103	Manglar de Jama	1844,48
BP104	Manglar de Gilses	202,93
BP105	Microcuenca del Río Blanco	1886,90
BP106	Cuencas de los Ríos Colonso, Tena, Shiti	11925,90
BP107	Jeco	2324,15
BP108	Franja Alrededor de la Laguna de Lago Agrio	289,05
BP109	Lomas Corazón y Bretaña	7113,74
BP110	Parte media y alta del Río Tigre	5368,67
BP111	Selva Viva	523,57

Cod	Bosque Protector	Has
BP112	Venecia	168,57
BP113	Estación Científica San Carlos	109,47
BP114	Hondón Chamizo	4033,84
BP115	Mondaña	371,57
BP116	Las Caucheras	181,80
BP117	Ceploa	3326,72
BP118	Colinas circundantes a Portoviejo	3988,30
BP119	Habitagua	4436,90
BP120	Estación Científica Payamino	1034,09
BP121	La Balsa	556,43
BP122	Concepción de Saloya	239,25
BP123	Quinoa Miguir	284,16
BP124	Hoya de Loja Flanco Oriental	5174,73
BP125	Jawa Jee	544,77
BP126	Cooperativa Jima Ltda.	5290,45
BP127	Cuembi	101617,00
BP128	Bosqueira	130,58
BP129	Humedal del Yalarú	1681,77
BP130	Canchalagua	343,09
BP131	Micha Nunke	1613,32
BP132	Abanico	4456,66
BP133	Cangrejal de Olón	6,87
BP134	Tiwi Nunke	6976,11
BP135	La Chora	165,02
BP136	Santa Rosa y Yasquel	2597,16
BP137	Toaza	1246,90
BP138	Subcuenca alta del Río Cinto	4180,84
BP139	La Paz y San José de Quijos	399,01
BP140	Subcuenca alta de los Ríos Pichán y Verde Cocha	915,63
BP141	San Carlos de Yanahurco	645,12
BP142	Caracha	260,41
BP143	Subcuenca alta del Río Saloya y Quebrada San Juan	2857,34
BP144	Tambo Grande La Florida	150,02
BP145	Milpe Pachijal	373,34
BP146	Delta	80,31
BP147	Uzchurrumi, La Cadena, Peña Dorada, Brasil	109282,00
BP148	Cerro El Paraíso	297,99
BP149	Molleturo y Mollepungo	140593,00
BP150	Subcuenca alta del Río León y microcuencas de los Ríos San Felipe de Oña y Shincata	59154,50
BP151	Subcuenca del Río Blanco – Pimampiro	1060,79
BP152	Tukupi Nunke	5000,08
BP153	La Ceiba	9182,55

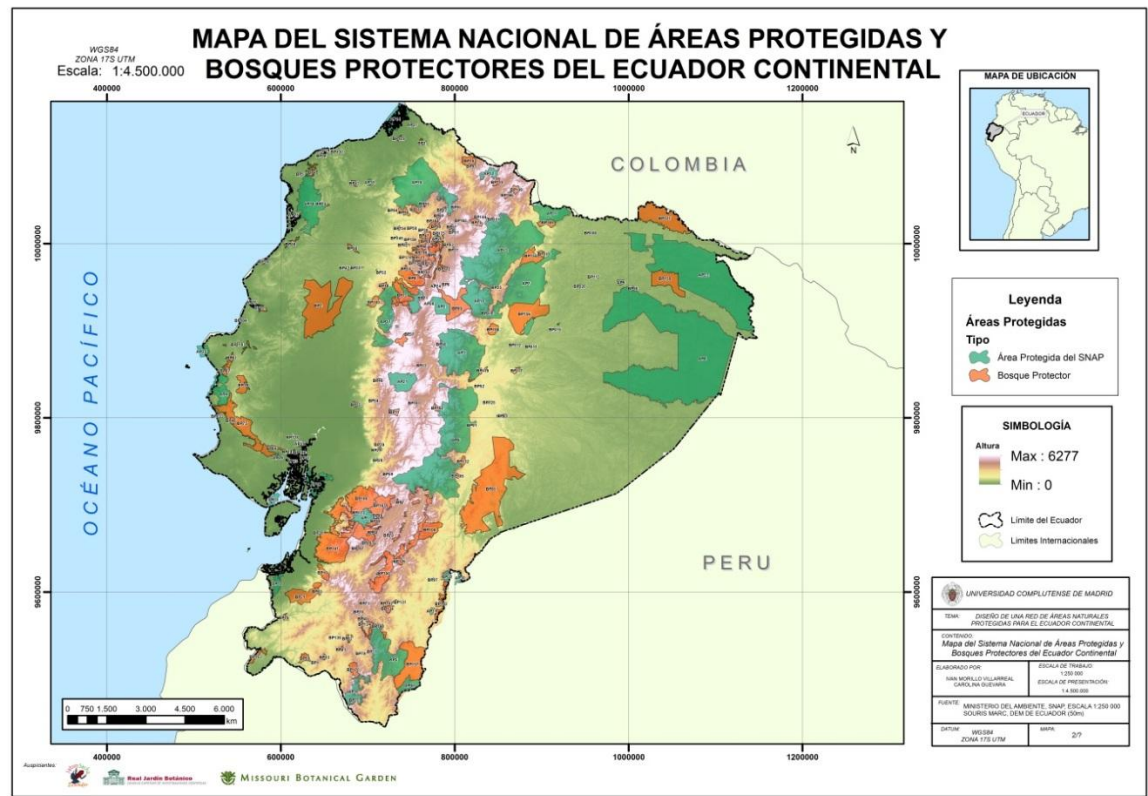
Cod	Bosque Protector	Has
BP154	Mashpi	1178,22
BP155	La Cascada	26380,00
BP156	Cerro Sumaco y Cuenca alta del Río Suno	98829,90
BP157	Cuenca alta del Río Nangaritza	100239,00
BP158	Pañacocha	59490,20
BP159	Tulipe Pachijal	73,84
BP160	Morocumba	9902,50
BP161	El Cercado	51,99
BP162	Subcuenca alta del Río Blanco	4892,85
BP163	Chorro	4730,42
BP164	Paso Alto	4813,80
BP165	Cascada de Peguche	39,84
BP166	Chamizo Minas	3104,95
BP167	Cuenca del río Paute	131504,00
BP168	Cuencas que forman los Ríos: San Francisco, San Ramón y Sabanilla	8427,36
BP169	El Bermejo	10885,10
BP170	El Ingenio y Santa Rosa	12416,50
BP171	Intag (El Chontal)	6988,82
BP172	Ilaló	3260,27
BP173	Mindo Nambillo	19349,00
BP174	Predio Pacay	519,57
BP175	Tanlahua y Ampliación	1867,20
		2179795,10

Fuente: Dirección Nacional Forestal. Ministerio del Ambiente.

Mapa 3. Bosques Protectores de Ecuador Continental



Mapa 4. Áreas Naturales Protegidas y Bosques Protectores, del Ecuador Continental



4.1.3 Ecosistemas del Ecuador Continental

De acuerdo al Mapa de Ecosistemas publicado por el Ministerio del Ambiente en 2013, el Ecuador Continental presenta 90 formaciones eco-sistémicas, clasificadas como: Bosques siempreverdes, Bosques inundables, Bosques semideciduos, Bosques deciduos, Arbustales, Herbazales, Páramos, Manglares, distribuidos en las tres regiones geográficas del país, los mismos que se indican en la tabla a continuación:

Tabla 5. Ecosistemas del Ecuador Continental

REGIÓN - PROVINCIA - SECTOR	ECOSISTEMAS
REGIÓN LITORAL	
	AdTc01 Arbustal deciduo y Herbazal de playas del Litoral
	HsTc01 Salinas
Provincia Chocó	
Sector Chocó Ecuatorial	
	BsTc01 Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
	BeTc01 Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
	BsTc02 Bosque inundable de llanura intermareal del Chocó Ecuatorial
	BsTc03 Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial
	HsTc02 Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Chocó Ecuatorial
	HsTc04 Herbazal inundado lacustre del Chocó
	BsTc04 Manglar del Chocó Ecuatorial
	BsBc01 Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Costera del Chocó
	BePc01 Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Chocó
	HsTc05 Herbazal inundado lacustre del Pacífico Ecuatorial
Sector Jama-Zapotillo	
	BeTc02 Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	BmTc01 Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	BdTc01 Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	BdTc02 Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	AdTc02 Arbustal desértico de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	BeTc03 Bosque siempreverde estacional inundable de llanura aluvial del Jama – Zapotillo
	HsTc03 Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo
	BsTc05 Manglar del Jama-Zapotillo
Sector Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	
	BePc02 Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
	BeBc01 Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
	BmPc01 Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
	BdPc01 Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
REGIÓN ANDES	
	AsMn01 Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes
	AsMn02 Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes
	AsPn01 Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes
	HsMn01 Herbazal inundado lacustre montano de los Andes

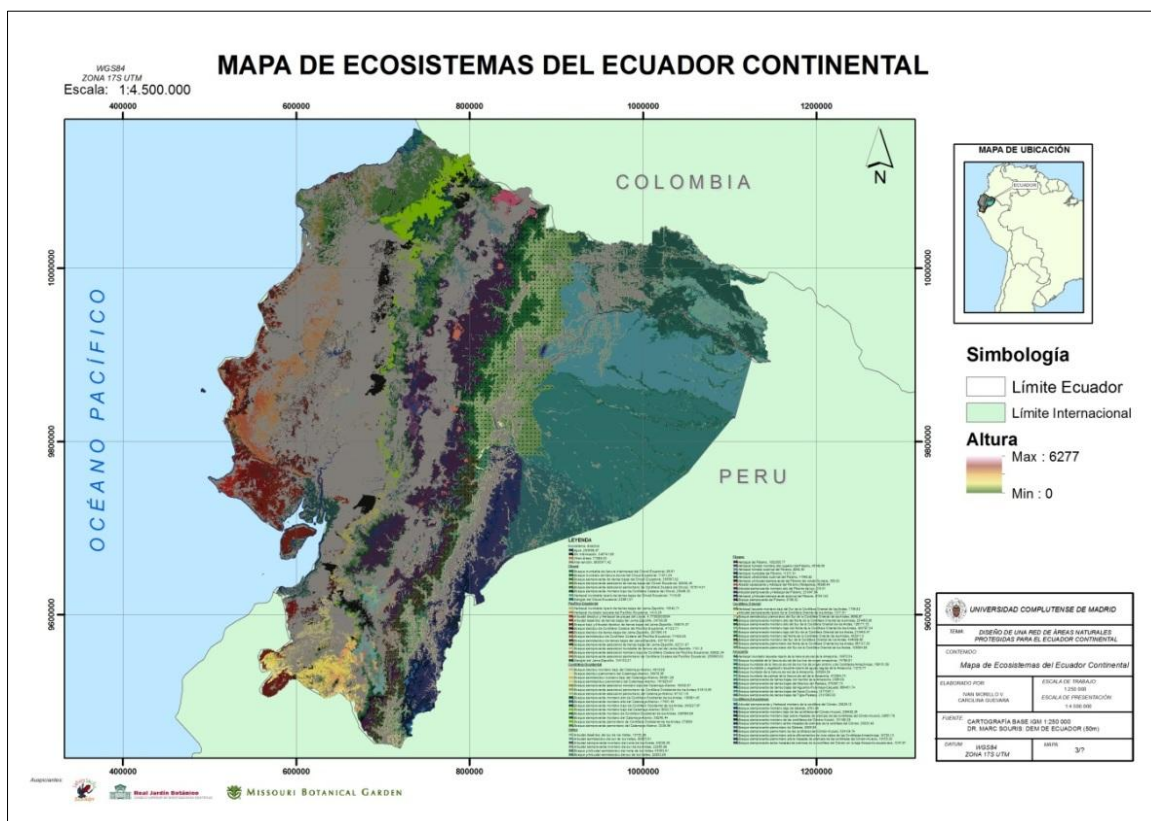
REGIÓN - PROVINCIA - SECTOR	ECOSISTEMAS
Provincia Andes del Norte	
Sector Cordillera Occidental	BsPn01 Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes
	BePn01 Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Occidental de los Andes
	BsBn04 Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes
	BsMn03 Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes
	BsAn03 Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes
Sector Catamayo – Alamor	BsPn02 Bosque siempreverde piemontano del Catamayo – Alamor
	BePn02 Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo – Alamor
	BmPn 01 Bosque semideciduo piemontano del Catamayo – Alamor
	BdPn01 Bosque deciduo piemontano del Catamayo – Alamor
	BsBn05 Bosque siempreverde montano bajo del Catamayo – Alamor
	BeBn01 Bosque siempreverde estacional montano bajo del Catamayo – Alamor
	BmBn01 Bosque semideciduo montano bajo del Catamayo – Alamor
	BdBn01 Bosque deciduo montano bajo del Catamayo – Alamor
	BsMn04 Bosque siempreverde montano del Catamayo – Alamor
	BsAn04 Bosque siempreverde montano alto del Catamayo – Alamor
	BdBn01 Bosque deciduo montano bajo del Catamayo – Alamor
Sector Norte de la Cordillera Oriental	BsPn03 Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsBn01 Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsM n01 Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsAn01 Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
Sector Sur de la Cordillera Oriental	BsPn04 Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	BmPn02 Bosque semideciduo piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsBn02 Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsMn02 Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsAn02 Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	HsBn01 Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
	BsBn03 Bosque bajo siempreverde del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
Sector Páramo	BsSn01 Bosque siempreverde del Páramo
	AsSn01 Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo
	AsAn01 Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur

REGIÓN - PROVINCIA - SECTOR	ECOSISTEMAS
	RsSn01 Rosetal caulescente y Herbazal del Páramo (frailejones)
	HsSn02 Herbazal del Páramo
	HsSn03 Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo
	HsSn04 Herbazal inundable del Páramo
	HsSn01 Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco
	HsNn03 Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo
	HsNn01 Herbazal húmedo subnival del Páramo
	HsNn02 Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo
	HsSn01 Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco
Sector Valles	BmMn01 Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles
	BmBn02 Bosque y Arbustal semideciduo del sur de los Valles
	AmMn01 Arbustal semideciduo del sur de los Valles
	AdBn01 Arbustal desértico del sur de los Valles
	BmMn01 Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles
REGIÓN AMAZONÍA	
Provincia Amazonía Noroccidental	
	BsTa06 Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas
	BsTa07 Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico
	BsTa08 Bosque inundable y Vegetación lacustre - riparia de aguas negras de la Amazonía
	BsTa09 Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía
	BsTa10 Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía
Sector Aguarico – Putumayo - Caquetá	HsTa01 Herbazal inundado lacustre - ripario de la llanura aluvial de la Amazonía
Sector Napo – Curaray	BsTa01 Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico – Putumayo – Caquetá
Sector Tigre – Pastaza	BsTa02 Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo – Curaray
Sector Tigre – Pastaza	BsTa03 Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre – Pastaza
Sector Abanico del Pastaza	BsTa04 Bosque siempreverde de tierras bajas del Abanico del Pastaza
Sector Cordilleras Amazónicas	BsPa01 Bosque siempreverde piemontano de Galeras
	BsPa02 Bosque siempreverde piemontano de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
	BsPa03 Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas
	BsTa11 Bosque siempreverde sobre mesetas de arenisca de la Cordillera del Cóndor en la baja Amazonía
	BsBa01 Bosque siempreverde montano bajo de Galeras
	BsBa02 Bosque siempreverde montano bajo de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
	BsPa04 Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
	BsBa03 Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
	AsMa01 Arbustal siempreverde y herbazal montano de la

REGIÓN - PROVINCIA - SECTOR	ECOSISTEMAS
	Cordillera del Cóndor
	BsMa01 Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la Cordillera del Cóndor
	BsMa02 Bosque siempreverde montano de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú

Fuente: Dirección Nacional de Biodiversidad - Ministerio del Ambiente.

Mapa 5. Ecosistemas del Ecuador Continental



4.1.4 Los Sistemas Hidrográficos del Ecuador

La República del Ecuador con sus límites definitivos tiene un área total de 256.370 Km².

El resumen de la división por cuencas hidrográficas en la que se ha considerado el área total del Ecuador con estos límites es como a continuación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Principales cuencas hidrográficas del Ecuador

Vertiente del Amazonas	72 Cuencas Hidrográficas
Vertiente del Pacifico	7 Cuencas Hidrográficas
Total	79 Cuencas hidrográficas

Área de las cuencas

Área de las cuencas de la Vertiente Amazonas	131.726 Km ²	(51.38%)
Área de las cuencas de la Vertiente Pacifico	123.216 Km ²	(48.06%)
Áreas Insulares aledañas a la Costa	1.428 Km ²	(0.56%)

De las 72 cuencas que drenan hacia el Océano Pacifico existen dos que son Islas (incluidas en el área de las cuencas Vertiente Pacifico):

Isla Puna	923 Km ²
Islas Galápagos	8.010 Km ²

Las áreas insulares que corresponden al 0.56% están divididas de la siguiente manera:

Islas provincia de Esmeraldas	283 Km ²
Islas provincia de Manabí	82 Km ²
Islas provincia de Guayas	804 Km ²
Islas provincia de El Oro	259 Km ²

Fuente: Secretaría Nacional del Agua.

La conformación del sistema hidrográfico en el Ecuador y por lo tanto la definición de las cuencas hidrográficas, está determinado por la localización de la Cordillera de los Andes, la cual atraviesa el Ecuador de Norte a Sur⁶⁰.

De acuerdo a lo anteriormente citado, el Ecuador posee 31 sistemas hidrográficos que se dividen en 79 cuencas hidrográficas las mismas que se subdividen en 137 cuencas y sub-cuencas.

Estos sistemas corresponden a las dos vertientes hídricas que naciendo en los Andes drenan hacia el Océano Pacífico en un número de 24 cuencas, las cuales representan 123.243 Km², con un porcentaje de superficie del territorio nacional de 48,07 %; y en un número de 7 hacia la Región Oriental, la cual enmarca una área de 131.802 Km² y que representa el 51,41% del territorio nacional.

La superficie insular aledaña al continente es de 1.325 Km², que representa el 0.56% del territorio nacional.

Los aportes totales de la red hidrográfica nacional, con un error del 10% probable, son de 110 billones de m³ por año en la vertiente del Océano Pacífico y de 290 billones de m³ por año en la vertiente Amazónica.

La distribución de los recursos hídricos es desigual y hay escasez en la vertiente del Pacífico, donde reside el 80% de la población. Las cuencas deficitarias se concentran en Manabí y al este y sur del Golfo de Guayaquil. (GEO, 2008).

Tabla 7. Cuencas Hidrográficas del Ecuador Continental.

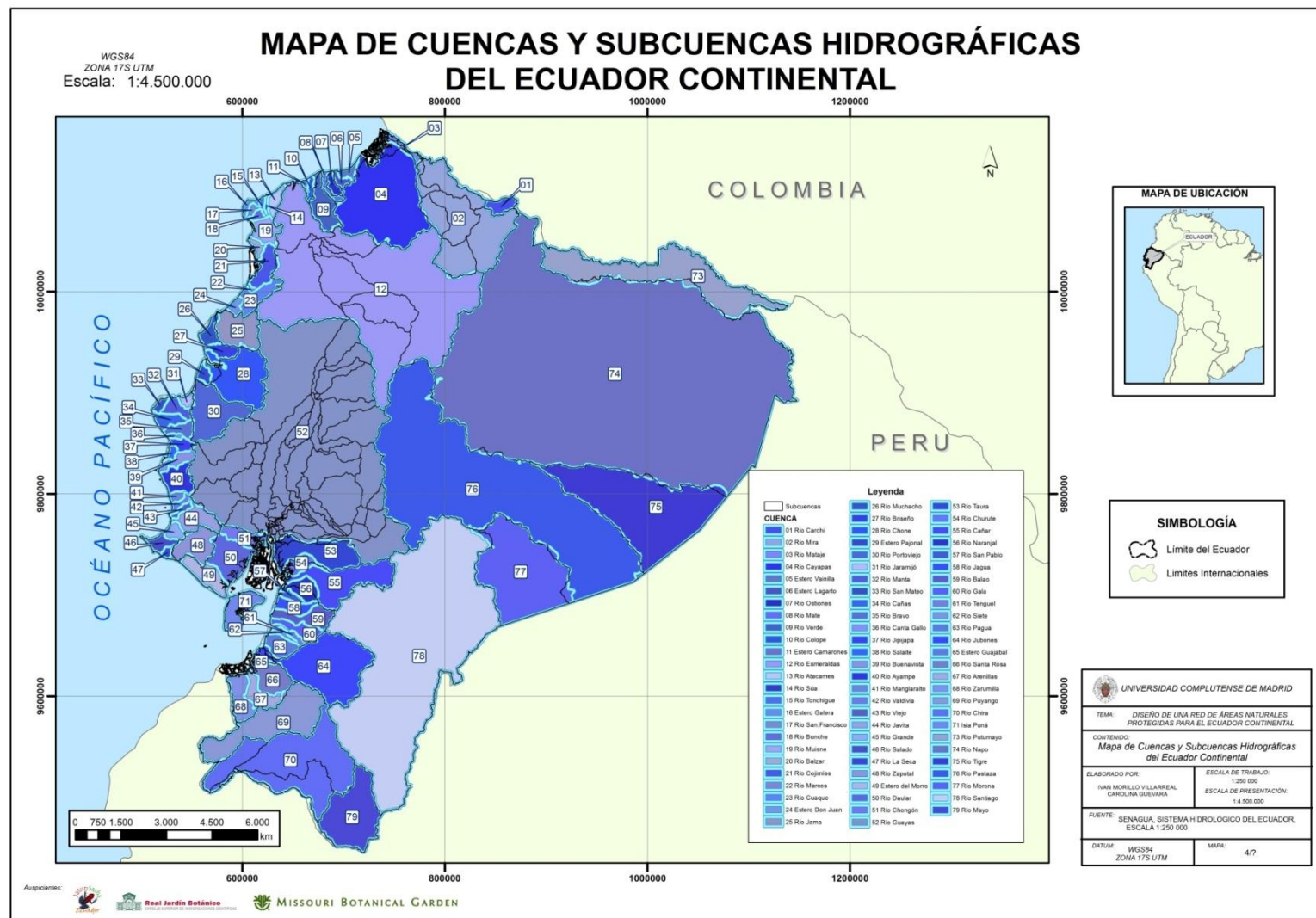
CUENCA	Hectáreas	Perímetro	CUENCA	Hectáreas	Perímetro
01 Río Carchi	36874,50	101,71	41 Río Manglaralto	13238,80	51,24
02 Río Mira	656100,00	500,30	42 Río Valdivia	16453,00	75,96
03 Río Mataje	25481,80	135,27	43 Río Viejo	14125,00	74,32
04 Río Cayapas	631291,00	459,70	44 Río Javita	81306,60	161,71
05 Estero Vainilla	18244,70	81,99	45 Río Grande	25976,30	75,31
06 Estero Lagarto	15768,60	67,86	46 Río Salado	34105,00	115,95
07 Río Ostiones	21100,90	74,39	47 Río La Seca	9360,70	47,15
08 Río Mate	19291,50	102,43	48 Río Zapotal	103449,00	170,14
09 Río Verde	95037,80	191,19	49 Estero del Morro	82995,00	147,35
10 Río Colope	14355,90	71,95	50 Río Daular	133279,00	181,46
11 Estero Camarones	6452,73	45,58	51 Río Chongón	60920,10	169,24
12 Río Esmeraldas	2168710,00	1049,30	52 Río Guayas	3222160,00	982,86
13 Río Atacames	31222,00	96,15	53 Río Taura	196248,00	256,13
14 Río Súa	6879,35	56,23	54 Río Churute	46756,50	134,50
15 Río Tonchigue	8723,19	54,52	55 Río Cañar	241156,00	345,07
16 Estero Galera	12447,10	69,54	56 Río Naranjal	57006,50	112,68
17 Río San. Francisco	10324,30	48,55	57 Río San Pablo	17624,10	72,04
18 Río Bunche	11411,40	49,52	58 Río Jagua	44464,60	115,58
19 Río Muisne	57663,20	148,89	59 Río Balao	80237,20	171,70
20 Río Balzar	17892,20	73,54	60 Río Gala	53221,70	141,32
21 Río Cojimíes	68459,60	153,26	61 Río Tenguel	17552,00	101,16

⁶⁰ Instituto Geográfico Militar del Ecuador, 2011

CUENCA	Hectáreas	Perímetro	CUENCA	Hectáreas	Perímetro
22 Río Marcos	4183,61	28,86	62 Río Siete	14655,70	76,10
23 Río Cuaque	68376,50	164,76	63 Río Pagua	55037,50	104,82
24 Estero Don Juan	17727,80	60,89	64 Río Jubones	436171,00	381,19
25 Río Jama	134558,00	192,44	65 Estero Guajabal	14936,80	62,57
26 Río Muchacho	37479,70	107,13	66 Río Santa Rosa	90225,60	138,14
27 Río Briseño	35556,30	92,82	67 Río Arenillas	66959,70	156,12
28 Río Chone	263447,00	338,75	68 Río Zarumilla	81236,60	166,08
29 Estero Pajonal	20526,00	70,54	69 Río Puyango	366262,00	422,30
30 Río Portoviejo	213303,00	246,36	70 Río Chira	719900,00	583,39
31 Río Jaramijó	16621,40	67,61	71 Isla Puní	86862,30	189,22
32 Río Manta	36103,90	96,54	73 Río Putumayo	572210,00	762,47
33 Río San Mateo	13464,80	56,32	74 Río Napo	5956490,00	1370,28
34 Río Cañas	35483,90	92,89	75 Río Tigre	878453,00	545,95
35 Río Bravo	32564,10	90,43	76 Río Pastaza	2319310,00	1072,62
36 Río Canta Gallo	6592,45	39,05	77 Río Morona	658912,00	410,50
37 Río Jipijapa	25392,70	80,01	78 Río Santiago	2495320,00	1100,85
38 Río Salaite	12210,60	62,39	79 Río Mayo	314416,00	289,36
39 Río Buenavista	35159,70	119,06			
40 Río Ayampe	70837,30	130,34			

Fuente. Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), Instituto Geográfico Militar (IGM).

Mapa 6. Cuencas Hidrográficas del Ecuador Continental



4.2 Metodología

La metodología usada para el diseño de esta red ecológica de conservación -Red de Áreas Naturales para el Ecuador Continental- se fundamentó en los criterios de planificación de costo-efectividad (Poiani et ál. 2000). La representatividad hace referencia al grado en que el sistema de Áreas Protegidas protege todo el ámbito de escalas espaciales y de organización biológica de la biodiversidad (Poiani et ál. 2000, Margules y Pressey 2000), priorizando aquellas áreas que tuvieran mayor tendencia a la estabilidad y por ende mayor aptitud para la conservación. Para ello, se adaptaron las metodologías del menor costo-distancia utilizadas en el diseño de la red ecológica para la conectividad de la Florida (Hector 2000)⁶¹.

Un nuevo elemento de aporte sustantivo es el establecimiento de la RED de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, considerando los Corredores Biológicos formados por las Cuencas y Sub-cuencas Hidrográficas que se originan en las formaciones montañosas de la Cordillera de los Andes, tanto en sus flancos occidentales como en los orientales.

Este proyecto se ha desarrollado con la utilización de sistemas y programas informáticos como: el ArcGis 10.1 con varias de sus extensiones y herramientas, y principalmente el uso del programa **MARXAN**, desarrollado y elaborado por investigadores de la Universidad de Queensland de Australia, han sido la base metodológica e instrumental de primera importancia en la propuesta.

4.2.1. Etapas En La Planificación Sistemática Para La Conservación De La Biodiversidad Aplicadas para la Propuesta de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental

- Recopilación de información sobre indicadores de biodiversidad geo-referenciados.
 - Compilar datos de biodiversidad geo-referenciados del Ecuador continental.
 - Recolectar nuevos datos para mejorar o aumentar los disponibles.
 - Recolectar datos sobre especies de vertebrados raras o amenazadas, ecosistemas, y procesos ecológicos.
- Establecer metas de conservación
 - Fijar metas cuantitativas referidas a especies, tipos de vegetación y otros elementos.
 - Definir metas cuantitativas referidas al tamaño mínimo, la conectividad y otros criterios asociados con el diseño de áreas protegidas.
- Revisión de las áreas de conservación existentes
 - Estimar la representatividad de las áreas protegidas existentes.
 - Recopilar información sobre el análisis de vacíos.
 - Desarrollar el análisis de vacíos, identificar amenazas, sobre ecosistemas poco representados en términos de especies o tipos de vegetación.
- Selección de áreas de conservación adicionales
 - Identificar nuevas áreas a ser protegidas considerando el análisis de vacíos.

⁶¹ Hector, TS. Carr, MH; Zwick, PD. Un sistema de reservas vinculado mediante un enfoque de paisaje regional: la Red Ecológica Florida. Biología de la Conservación. 2000.

- Diseño del modelo de conectividad estructural teniendo como base las Cuencas Hidrográficas.
- Diseño de la red ecológica de conservación óptima, con los resultados de las fases anteriores⁶².

Para esta propuesta se consideró que la red ecológica era óptima cuando alcanzaba la mayor probabilidad de estabilidad en el tiempo, entendiendo como mayor estabilidad a la menor posibilidad que sucedan alteraciones y cambios de uso de la tierra que incidan en forma negativa en la conectividad de la Red a nivel nacional.

El siguiente gráfico refiere los aspectos metodológicos de cada una de las etapas del presente proyecto.

Gráfico 2. Aspectos Metodológicos de las Etapas Desarrolladas



4.3 Diseño de la red de conectividad biológica

El propósito de esta etapa fue identificar rutas alternativas para la conectividad entre las Áreas Protegidas del SNAP: del PANE, Áreas de los Gobiernos Descentralizados, áreas protegidas Comunitarias, Áreas Naturales Privadas, Bosques Protectores y relictos boscosos de todo el Ecuador continental, considerando la adaptación de las metodologías utilizadas por Hctor et ál

⁶² Adaptado de Margules y Pressey, 2000.

(2000), Jiménez (2000), Ramos Bendaña y Finegan (2006) y Murrieta (2005), y el uso de los Programas Informáticos.

A través del análisis espacial de la estructura del paisaje, encaminado a proponer el diseño de una ruta óptima que tenga mayores probabilidades de estabilidad de su estructura en el tiempo.

Para efectos de homogenización de la información cartográfica, las especificaciones técnicas del Mapa Base son las siguientes:

Tabla 8. Especificaciones Técnicas del Mapa Base

Tipo de Documento de partida	Mapa base del Ecuador Continental
Escala de Trabajo	1:250.000
Escala de Impresión	1:4.500.000
Proyección	Universal Transversa de Mercator
Elipsoide	Internacional
Datum Horizontal	WGS - 84
Datum Vertical	Nivel medio del mar Estación mareográfica La Libertad – Guayas
Zona	17- SUR

Elementos presentes en el Mapa Base:

- Dentro del Mapa Base están incluidos los siguientes elementos:
 - Límite del área de estudio
 - Modelo Digital del Terreno (DEM) de Marc Souris tamaño de pixel 50m
 - Ríos principales (los que en la cartografía aparecen como ríos dobles)
 - Ríos secundarios
 - Red Vial Estatal del Ministerio de Transporte y Obras Publicas 2013
 - Centros poblados principales
 - Toponimia (nombres de elementos geográficos, propios de la región)

La resolución fijada para toda la información cuando se trabajó en formato *raster* fue un píxel de 50m x 50m, para mantener la resolución necesaria para cada fase de la investigación.

La escala del trabajo en esta etapa de la investigación se fijó en 1: 250.000 y la unidad mínima mapeable en 25 ha.

Esta unidad de celda fijada representará una entidad con características propias para cada variable analizada.

El modelo usado para el diseño de la red de conectividad ecológica estructural inicial utilizó tres componentes:

1. Identificación de áreas naturales ya protegidas a conectar y núcleos o espacios naturales adicionales de hábitat prioritarios para la conservación que no están bajo alguna forma o categoría de protección.
2. Establecimiento de niveles de dificultad al desplazamiento de las especies silvestres (vertebrados) en toda el área intermedia entre las áreas protegidas identificadas como objetivo.
3. Modelación de la red de conectividad que integran los núcleos prioritarios para la Conservación a través de las rutas de menor dificultad al desplazamiento.

4.3.1. Áreas protegidas y núcleos de hábitat prioritarios a conectar

Para la identificación de las áreas protegidas a conectar se revisó todas las categorías de áreas protegidas legalmente existentes en el ámbito de estudio. De igual forma, se consideraron los criterios, variables y sus rangos.

Los núcleos de hábitat prioritarios para la conservación se identificaron en las áreas interiores mayores a **25 Has** (considerando que el proyecto se desarrolla a nivel nacional), de los parches de cobertura natural: 45 Áreas Naturales Protegidas del PANE, y 175 Bosques protectores, adicionalmente un conjunto de áreas interiores de parches de manglares del perfil costanero, y de relictos de bosques dispersos en todo el país.

Para seleccionar los parches prioritarios se utilizó una aproximación de su valor para la conectividad estructural, utilizando un modelo de análisis multicriterio (adaptado de Hctor et ál.2000), donde se integraron el análisis del paisaje como indicador de la calidad de hábitat, una aproximación de su vulnerabilidad y el grado de amenaza de los mismos, los que se incluyeron en el análisis con los programas informáticos Arc GIS y posteriormente con Marxan.

La forma y tamaño fueron las variables consideradas para el análisis de paisaje, estas dos variables provenientes de la teoría de la biogeografía de islas fueron implementadas para identificar los núcleos de hábitat prioritario. Se aceptó para la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios parches a partir de 25 has (aunque con la mínima prioridad).

Estas variables se estimaron a través de las siguientes métricas (McGarigal et ál. 2002):

- Área interior: Se usaron 100 m de distancia basados en los resultados de investigaciones sobre efectos de borde en bosques tropicales, que muestran que los efectos micro-climáticos y los disturbios por viento alcanzan esta distancia (Forero 2001). Sin embargo cuando se aplicó esta variable los parches eliminados fueron muy pocos, por lo que para efectos de este proyecto no incidió en sus resultados.
- Forma: es el grado de complejidad del polígono (parche) y está basado en la relación área -perímetro.
- En el modelo se consideró además una variable denominada tipo de cobertura, considerando los bosques naturales y los ecosistemas identificados en su interior. Esta variable ligada directamente también al tamaño de parche, en el entendido que un parche más grande además de tener ventajas en cuanto a su persistencia y biodiversidad, tiene más probabilidades de ser un parche de bosque primario que un parche pequeño que podría ser una sucesión secundaria tardía.

Como indicadores de vulnerabilidad, se utilizaron el grado de representación de la altitud y la distancia a ríos. La variable altitud se ponderó en un 15%.

En cuanto a la variable distancia a ríos se usó una distancia de 50m, recogiendo varias normas de protección de Cuencas Hidrográficas a nivel internacional.

La densidad de poblados y la distancia a carreteras son variables que indicaron en el modelo el grado de amenaza a la calidad del hábitat, y la relación entre la deforestación y la variable población (Rossero-Bixby et ál 2002 y Mas 2005), y deforestación y la variable distancia a carreteras (Mas 2005).

Finalmente se incluyó bajo los supuestos: un parche de bosque que se encuentra en un área con mayor densidad de poblados tendrá mayor amenaza con respecto a uno que se encuentra en un área donde no existen poblados y un parche de bosque estará más amenazado cuanto más cerca se encuentre de una carretera principal (Tabla 7).

De las variables descritas, la variable que más influencia e importancia de un núcleo de hábitat en este modelo fue el área del fragmento. Mientras que se consideraron menos importantes la distancia a las carreteras y la distancia a poblados, distancia a acampamentos petroleros y mineros. La prioridad de cada variable se transformó en la ponderación de la variable respectiva (Malczewski 1999). En la siguiente tabla se muestran el orden de prioridades de las variables y sus ponderaciones.

Tabla 9. Criterios y variables usados para la identificación de los núcleos de hábitat prioritarios

CRITERIO	VARIABLE	Peso %	Rangos de la Variable	Escala de Valoración	Explicación
A mayor calidad del hábitat mayor prioridad	Cobertura y área interior del fragmento de bosque (ha)	60	2-20	5	A mayor tamaño de fragmento mayor calidad de hábitat
			20-500	4	
			500-5000	3	
			5000-10000	2	
			>10000	1	
	Índice de Forma	2	1,0-2,5	1	Los parches en polígonos conservan mayor cantidad de hábitat
			2,5-4,0	2	
			4,0-5,5	3	
			5,5-7,0	4	
			7,0-8,5	5	
Los hábitat más vulnerables son los más prioritarios	Altitud (msnm)	15	0-1000	4	Las áreas con altitud menos representada son más vulnerables y prioritarias
			1000-2000	3	
			2000-3000	2	
			3000-4000	1	
			>4000	5	
	Distancia a ríos (m)	10	0-50	1	Los hábitat más cercanos a los ríos son más vulnerables
			50-200	2	
			200-30000	6	
Las áreas más amenazadas presentan menor calidad de hábitat por lo tanto son menos prioritarias	Distancia a carreteras principales (m)	3	0-200	6	Los parches más cercanos a las carreteras principales están más amenazados
			200-500	4	
			500-1300	3	
			1300-2000	2	
			2000-3000	1	
	Distancia a Poblados (m) (poblados 1:50 000)	2	100 - 250	5	A mayor distancia de los poblados mayor calidad de hábitat
			250 - 500	4	
			500 - 1000	3	
			1000-5000	2	
			5000->	1	
	Distancia a campos petroleros (m)	3	0 - 50	5	Las áreas con campos petroleros presentan mayor alteración y fragmentación de los hábitats.
			50 - 100	4	
			100 - 500	3	
			500 - 1000	2	
			1000 - >	1	
	Distancia a Oleoductos	2	0 - 20	5	El cruce de oleoductos representa mayor amenaza a las áreas naturales.
			20 - 50	4	
			50 - 100	3	
			100 - 500	2	
			500 - >	1	
	Distancia a campos mineros	3	0 - 50	5	Las áreas con explotaciones mineras presentan mayor alteración
			50 - 100	4	
			100 - 500	3	
			500 - 1000	2	
			1000 - >	1	
		100%			

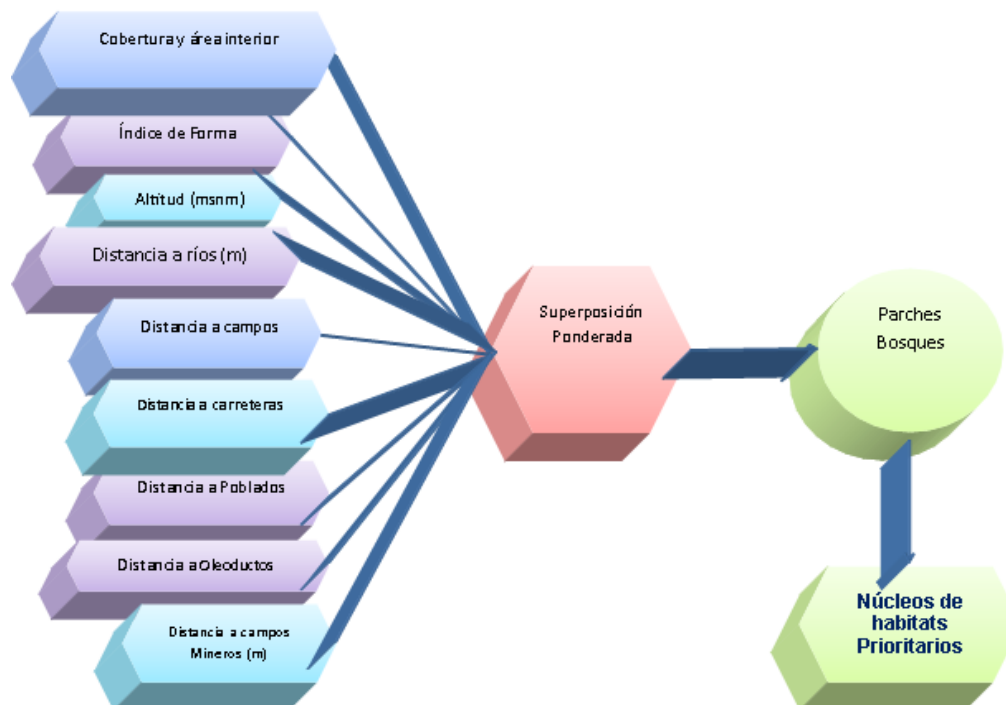
Adaptado de Céspedes Agüero Margarita, 2006.

El modelo utilizado para la integración de las variables descritas fue el promedio ponderado. Este procedimiento se realizó trabajando en formato raster (grid) a través de un sistema de información geográfica, utilizando el software ArcGis 10.1, usando la extensión spatial analysis, y la herramienta Map Algebra (Gráfico 3 Procesos para establecer los Hábitats prioritarios). Esta función permite crear un mapa resultante por medio de la combinación de los valores de los mapas (de cada grid) de las variables que integran el modelo, para lo cual previamente se había llevado todas las variables a una misma escala de valoración (Tabla de Variables). En este nuevo mapa el valor de cada píxel es el promedio ponderado de los valores correspondientes en los mapas que integran el modelo. Este valor representa su nivel de prioridad para la conservación, que está entre uno y seis, uno para aquellos que son altamente prioritarios y seis para aquellos que no albergan ninguna prioridad. Los píxeles de cobertura natural con los valores de prioridad alta y muy alta se agruparon en una sola categoría y se separaron del resto constituyéndose en los núcleos de hábitat prioritario para la conservación. Este mapa de núcleos prioritarios para la conservación trabajado en formato raster se convirtió a formato vectorial, en donde se eliminaron todos aquellos núcleos que no alcanzaron las 25 ha establecidas como unidad mínima mapeable.

4.3.2 Priorización de las unidades de paisaje presentes en el área de estudio de acuerdo a su valor para la conectividad estructural

Finalmente, para analizar la representación de las coberturas naturales priorizadas en los sistemas de áreas protegidas vigentes y propuestos en Ecuador, se utilizó los mapas de vegetación del SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca).

Gráfico 3. Proceso para establecer los Hábitats Prioritarios



Adaptado de: Céspedes Agüero Margarita, 2006

En esta fase se estableció el valor para la conectividad de cada unidad básica de paisaje en toda la matriz entre las áreas protegidas identificadas y los núcleos de hábitat prioritarios con la finalidad de elaborar el mapa de fricción (entendiendo como unidad de paisaje, aquellas

mínimas unidades de áreas que comparten las mismas características para todas las variables a utilizar). En este modelo se asume que mientras mayor es el valor para la conectividad estructural menor es la dificultad al desplazamiento para las especies silvestres.

Las variables escogidas correspondieron a los criterios: priorizar las unidades de mayor calidad de hábitat, y disminuir la prioridad de acuerdo al nivel de amenaza. Asimismo, durante el proceso se eliminó la variable pendiente por considerarse que no representaba adecuadamente el criterio del cual era indicador en este modelo.

Las variables que representaron el criterio de “*a mayor calidad de hábitat menor dificultad al desplazamiento y por lo tanto mayor prioridad para la conservación*” fueron:

Cobertura se consideró como la principal variable que determina la función ecológica que una unidad de paisaje puede brindar a los organismos. Representa una primera forma de aproximarse a la calidad del hábitat y a su vez da una idea general de la presencia potencial de biodiversidad (por ejemplo es relativamente fácil predecir que existen más especies en un bosque que en un sistema agroforestal).

La variable cobertura (principalmente bosques naturales) fue estimada en relación al tamaño del parche y el uso del suelo de acuerdo al Mapa de Cobertura y Uso del Suelo del SINAGAP.

Índice de Forma, Los parches en polígonos conservan mayor calidad de hábitat; se escogió la forma de los parches en forma de polígonos en este caso hexágonos, porque abarcan representativamente mayor cantidad de hábitat.

Altitud, La altitud es un factor que influye en los tipos de climas, las variaciones de la altitud causan cambios térmicos y por consiguiente, modifican la distribución y composición de los ecosistemas y por tanto de la flora y fauna, se ha establecido que por cada 1000 metros de altitud la temperatura puede variar unos 6,4°C. A medida que aumenta la altitud sobre el nivel del mar (msnm), se produce un gradiente de condiciones más frías y secas. La diversidad biológica de Ecuador continental está determinada por la presencia de la cordillera de los Andes que demarca claramente tres zonas geográficas: Costa, Sierra y Amazonía, cada una de ellas caracterizada por la presencia de ecosistemas particulares.

Distancia a ríos, las Cuencas Hidrográficas fueron consideradas para esta propuesta como la vía natural de conectividad entre las Áreas Naturales Protegidas, puesto que brindan un vasta gama de servicios ecológicos y en relación a las especies silvestres, funciones como: transportan semillas, posibilitan el ciclo del agua local y regionalmente y sirven de abrevaderos para diversas especies silvestres y son el ecosistema de especies acuáticas que viven en ellas, adicionalmente los márgenes de los ríos mantienen bosques de galería que albergan alta biodiversidad.

Los rangos de las variables fueron recategorizadas en una escala del 1 a 6, siendo 1 para la menor dificultad al desplazamiento y 6 para la más alta dificultad. Para los rangos de las variables restringidos se aplicó un valor de 100.000.

Las variables que representaron el criterio de “*a menores amenazas menor dificultad al desplazamiento por lo tanto mayor prioridad*” fueron:

Distancias a carreteras, distancia a pueblos y el uso agrícola del suelo, distancia a campos petroleros, distancia a oleoductos, distancia a campos mineros; estas variables relacionadas directamente con las actividades económicas del hombre fueron consideradas en tercer lugar.

Distancia a carreteras. Se considera implícitamente que la cercanía a una carretera influye en la disminución de la calidad del hábitat por las actividades de explotación y uso de la biodiversidad, así como la contaminación tanto del aire, como del agua, incluso la audial. Adicionalmente considerar rutas de conectividad lo más alejadas posible de las carreteras puede ser un factor importante para reducir la mortalidad de fauna por accidentes de tránsito.

Distancia a Poblados. A mayor distancia de los poblados mayor calidad de hábitat, se ha considerado los sitios poblados o urbanos como factor de alteración de los hábitats, por tanto se considera que a mayor distancia entre los parches de bosques y los poblados, los ecosistemas estarán mejor preservados.

Distancia a campos petroleros. En Ecuador continental, principalmente en la Amazonía la explotación petrolera ha causado gran degradación ambiental de forma directa e indirecta, la instalación de: pozos, plataformas, campos de operación, así como refinerías, tanques de almacenamiento y otro tipo de infraestructuras petroleras, han determinado la fragmentación de los hábitats de forma muy incidente, por tanto se ha considerado que a mayor distancia de estos, los ecosistemas están mejor conservados.

Distancia a Oleoductos. De igual manera que la presencia de los campos petroleros, la vasta red de oleoductos, ha causado la degradación de los ecosistemas. En Ecuador existen 2 oleoductos principales: el Sote (Sistema de Oleoducto Transecuatoriano) y el llamado Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), que atraviesan toda la geografía del Ecuador desde la Amazonía hacia la costa para terminar en varios puertos marítimos, estos son alimentados por una gran red de oleoductos secundarios que se extiende a lo largo y ancho de la selva amazónica, una gran cantidad de tramos de estos oleoductos fueron construidos superficialmente, y han causado un número indeterminado de derrames, ocasionando gran deterioro ambiental, por tanto se considera que los hábitats estarán mejor conservados a mayor distancia de estos oleoductos.

Distancia a campos mineros. En varias de las provincias de la Amazonía, de la región de la Costa, y en menor proporción en la Sierra existen campos mineros, en los que se desarrolla la extracción de metales y minerales, en muchos casos de manera anti-técnica causando de igual manera degradación de los ecosistemas. En varias de estas explotaciones se usa todavía mercurio que es arrojado a los cauces de los ríos, también se ejecuta la llamada explotación a cielo abierto, causando fragmentación de los hábitats, por tanto se ha considerado que a mayor distancia de estos campos mineros, los hábitats estarán mejor conservados.

Conflicto de uso, Es un indicador bastante controversial debido a que está basado más en criterios agronómicos que en ecológicos; sin embargo se tomó en cuenta porque es también un indicador de la facilidad o dificultad para restaurar un ecosistema de acuerdo al uso que ha sido sometida un área. Además, no se utilizó en forma aislada sino conjuntamente con los demás criterios señalados. Para esta variable se utilizó el Mapa de Uso del Suelo del Ecuador, realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca obtenido por procesos de fotointerpretación visual digital de imágenes satelitales Landsat TM; a través de un análisis, clasificación e identificación de los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre practica en una zona determinada.

El cálculo de las ponderaciones se realizó del mismo modo que al establecer los núcleos de hábitat prioritario. Para integrar las variables se usó también el modelo de promedio ponderado, utilizando para su estimación la herramienta Map Algebra de la extensión **Spatial Analysis**. (Gráfico 4).

Gráfico 4. Proceso para establecer la dificultad al desplazamiento en cada unidad de Área en la matriz



4.3.3 Modelación de la Red de Conectividad Biológica

La red de conectividad biológica potencial modelada se diseñó bajo el supuesto que entre los núcleos prioritarios de hábitat, existen una o varias rutas que implican menores dificultades al desplazamiento para las especies. Para la modelación de esta red se utilizó el software **Arc Gis 10.1**, su extensión **Spatial Analysis** y sus herramientas **Euclidean Distance** y **Map Algebra**. El cual creó una superficie de costos utilizando un punto de origen, que en este caso fueron las variables de amenazas y calidad de hábitat.

La intención de esta red es conectar todas las áreas naturales protegidas del Ecuador continental. Con los espacios propuestos para incrementar la superficie de protección. El punto de origen fue el punto medio del límite de cada área protegida, sucesivamente con el área de estudio. Para obtener los puntos destino se calculó el centroide de los núcleos de hábitat prioritario establecidos, a través del programa ArcGis 10.1, usando **Feature To Point**, obteniendo el punto central del polígono (centroide). Para los valores de dificultad al desplazamiento se plantearon dos escenarios: uno directo utilizando el mapa proveniente de la ponderación de variables explicado en el punto anterior y el otro reasignando cada valor a través de una transformación logarítmica (Tabla 8). La transformación a valores logarítmicos se realizó de acuerdo al criterio que pasar de un nivel de fricción al otro representaba una dificultad logarítmicamente mayor para el desplazamiento de las especies.

Se trazó una red de conectividad estructural, para cada escenario de valores de dificultad al desplazamiento, utilizando el mismo punto de origen y los mismos núcleos prioritarios para la conectividad. Las propuestas de rutas de conectividad potencial resultan de la combinación de las áreas núcleos identificadas con cada trayectoria de conectividad potencial modelada.

Tabla 10. Ponderación para calcular el mapa de superficie de costos

Calidad de Hábitat en la Matriz	Fricción o Grado de dificultad	Valores Originales Asignados	Reasignación de Valores Logarítmicos
Muy alta	No hay	1	1
Alta	Muy Baja	2	10
Mediana	Mediana	3	100
Pobre	Alta	4	1000
Muy Pobre	Muy alta	5	10000
Destruído	Restringido	6	100000

4.4 Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador Continental

Anteriormente se citó uno de los conceptos más acogidos de Área Natural Protegida, manifestando que: son los espacios continentales y/o marinos, expresamente reconocidos y declarados como tales, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible⁶³. Considerando el manejo del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador (SNAP), este no tiene una concepción de Red, cada una de las áreas se manejan independientemente tanto desde la óptica de la gestión administrativa como desde la biológica, por tanto urge identificar un conjunto integral de áreas básicas para la conservación sistemática, planificada y con una visión integral de la biodiversidad en Ecuador.

En este contexto una base fundamental de la Propuesta de Una Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental, radica en el trabajo presentado para el Diploma de Estudios Avanzados, DEA, realizado por el autor y que a continuación se recoge los extractos inherentes para el desarrollo de este estudio.

El proyecto “Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador”, está orientado a identificar nuevas zonas para la conservación y para ampliar algunas de las áreas ya existentes dentro del Sistema de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador Continental, sobre la base de criterios ecológicos, de paisaje y la real potencialidad de conservar dichas áreas.

Para este trabajo, se consideró los mapas de distribución de fauna vertebrada, las clases: anfibios, aves, y mamíferos, extraída de la base de datos de Nature Serve⁶⁴, así como de varias bases de datos de Ecuador principalmente de la Fundación Jatun Sacha - alianza CDC (Quito - Ecuador), se incluyó los registros de: 448 especies de anfibios, 1613 especies de aves y 365 especies de mamíferos.

Luego de un proceso de recopilación de información de varias aplicaciones y estudios de Distribución, Riqueza, Endemismo y Modelamiento, se utilizó ArcView 3.2, se realizó la suma de los modelos de presencia/ausencia y de probabilidad, de todas las especies que se tomaron en cuenta para este trabajo.

Finalmente se realizó la suma de las capas de los mapas de fauna: aves, anfibios, reptiles, con el mapa base de la división territorial de Ecuador continental por cantones, con el propósito de establecer de acuerdo a la administración territorial del país los sitios de mayor riqueza biológica. También se utilizó la suma de mapas de riqueza probable de fauna en relación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas SNAP, en términos de establecer la inclusión - exclusión de estas taxas en el SNAP. La suma de todos los modelos de idoneidad de probabilidad, nos permitió generar mapas de riqueza probable. En estos mapas resultantes se observan las zonas con más riqueza probable.

Los análisis realizados, permiten confirmar que, la Amazonía norte ecuatoriana es una zona muy diversa en cuanto a presencia de especies y que cuenta con valiosos remanentes de fauna que merecen conservarse. Otra zona básica de importancia para la conservación en Ecuador Continental constituyen los bosques de la provincia de Esmeraldas, su intersección con la provincia de Pichincha en los flancos occidentales de la Cordillera de los Andes.

⁶³ Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004) Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB) Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 34 p.

⁶⁴ Nature Serve, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, (<http://infonatura.natureserve.org>).

Estas Zonas básicas de conservación deben integrarse con el SNAP, para establecer una Red de Espacios Naturales Protegidos que abarque todos los ecosistemas representativos del Ecuador Continental para permitir una gestión Integral de Conservación.

El proyecto "Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador" fue concebido para determinar zonas, que por sus características bio-ecológicas, su condición y estatus de conservación actual ameritan ser conservadas. Este estudio fundamenta su análisis en la revisión de la riqueza biológica del Ecuador continental, discriminando las especies de fauna de las taxas seleccionadas de acuerdo a diferentes criterios ecológicos los cuales, a través de un proceso de sobre-posición de sus polígonos de distribución y de un detenido modelamiento en SIG, permitió diferenciar zonas con mayor riqueza probable de biodiversidad y endemismo.

Este proyecto es una oportunidad para ampliar o reformular algunas de las áreas existentes dentro de distintos sistemas de áreas protegidas de Ecuador Continental.

El proyecto ha identificado las áreas con mayor concentración de biodiversidad, endemismo, especies sensibles, entre otros elementos de vital importancia

4.4.1 Metodología para determinar áreas básicas para la conservación

La metodología para determinar áreas básicas para la conservación se basó en un Análisis de Vacíos (Gap Analysis), donde existieron varias capas de información denominadas "criterios". Los criterios son una representación cartográfica de áreas geográficas que tienen un nivel de importancia mayor que otras. Este nivel de importancia, deriva de un análisis independiente basado en un proceso de recopilación, clasificación y ponderación de información⁶⁵.

Los criterios de análisis usados en esta metodología fueron: Ecológico, de Paisaje y de Conservación.

- **Análisis Ecológico.-** Incluye el análisis y ponderación de grupos representativos de flora y fauna a partir de los siguientes criterios: diversidad, endemismo, estado de conservación, y rol ecológico para cada taxa en estudio.
- **Paisaje.-** Se refiere a la descripción del real estado de conservación o amenaza del área de estudio, analizado a partir de la fragmentación, remanencia crítica, diversidad de ecosistemas, presiones y amenazas que atentan contra estas áreas, estudiadas desde el punto de vista de unidades de vegetación o "ecosistemas".
- **Conservación.-** Considera el nivel de protección de los diferentes espacios geográficos del área de estudio.

4.4.1.2 Mapa Base para la fase de Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador Continental

Para el desarrollo del proyecto Identificación de Zonas de Alta Biodiversidad como Fundamento Para el Diseño de una Red de Áreas Básicas para la Conservación en Ecuador Continental, se utilizó la información contenida dentro del Mapa Base del Ecuador generado por el Proyecto

⁶⁵ Jatun Sacha/CDC-Ecuador, Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación En la Cordillera Real Oriental Colombia-Ecuador-Perú, Enero 2003, Quito - Ecuador.

BID – CONADE⁶⁶. Esta información fue generada a escala 1:250.000 a partir de la digitalización de cartas hemisféricas editadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM) Ecuador que ha sido constantemente corregida y actualizada por este Instituto de acuerdo a estándares internacionales.⁶⁷

Dentro del Mapa Base están incluidos los siguientes elementos:

- Límite del área de estudio
- Curvas de nivel índices (intervalo de curva cada 1000 m)
- Curvas de nivel intermedias (intervalo de curva cada 200 metros)
- Cotas (puntos de altura registrados en las cimas de las lomas o cerros más altos)
- Ríos principales (los que en la cartografía aparecen como ríos dobles)
- Ríos secundarios
- Red vial, clasificada por orden de la vía
- Centros poblados principales (clasificados por su categoría político administrativa).
- Toponimia (nombres de elementos geográficos, propios de la región)

4.4.1.3 Criterios de Valoración de Especies

Los 5 criterios de valoración de las especies que se incluyeron en el trabajo, y su profundidad de análisis dentro del estudio y las taxa en las que se emplearon son.

- **Diversidad.** Corresponde al número total de especies que habitan en un área determinada. Fue calculada de acuerdo a la diversidad biológica por taxa (clases, familias, géneros y especies).
- **Endemismo.** Indica la distribución restringida de una especie a una región geográfica determinada. En el caso del área de estudio las especies catalogadas como endémicas indican que su hábitat se halla restringido exclusivamente a ésta eco-región.
- **Estatus de conservación.** Se refiere al nivel de amenaza en el que se encuentra actualmente una especie, ya sea por poseer distribución restringida, soportar fuertes presiones humanas como alteración y reducción del hábitat, fluctuaciones severas, baja viabilidad genética, entre otras causas.
- **Rol Ecológico.** Determina la localización de la especie en la pirámide alimenticia. Permite otorgar un diferente nivel de importancia a unas especies que a otras, dando mayores valores a especies predatoras y menores a especies herbívoras o fitófagas.
- **Sensibilidad Ambiental.-** Indica la vulnerabilidad de las especies a disturbios generados por actividades humanas o también naturales, tales como: fragmentación, extracción de madera, incrementos de claros y bordes, cambios estructurales de hábitat, entre otros, son las causas que afectan a los animales y los pueden colocar inclusive al borde de la extinción (Stotz, 1996)⁶⁸.

⁶⁶ Cartografía Básica para el Proyecto BID – CONADE “Implementación de un Sistema de Información Ambiental y de una Red de Comunicación Interinstitucional”. Centro de Datos para la Conservación. 1996

⁶⁷ Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (CNUGGI). 1985. Estándares Internacionales para Levantamientos Geodésicos. USA.

⁶⁸ Jatun Sacha/CDC-Ecuador, Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación en la Cordillera Real Oriental Colombia-Ecuador-Perú, enero 2003, Quito - Ecuador.

4.4.1.4 Selección de Grupos de Estudio (taxón)

Para este trabajo, en cuanto a las especies de fauna se consideró los mapas de distribución de las clases: aves, anfibios, y mamíferos, como se manifestó anteriormente se incluyó 448 especies de anfibios, 1613 especies de aves y 365 especies de mamíferos, fundamentalmente extraída de la base de datos de Nature Serve⁶⁹, que se puede consultar on line, así como varias bases de datos de Ecuador principalmente de la Fundación Jatun Sacha-alianza CDC (Quito, Ecuador), y en cuanto a la flora se consideró los datos florísticos, geográficos y mapas de distribución originados por el proyecto: “Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador”⁷⁰. (Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, Jesús Muñoz, Tania Delgado y Rubén G. Mateo del Real Jardín Botánico de Madrid, 2007)

Los datos florísticos provienen de la base de datos TROPICOS⁷¹, desarrollada y mantenida por el Missouri Botanical Garden desde la década de 1970. Cuenta con más de 8 millones de registros de plantas de todo el mundo, de los que cerca de 300000 son de ejemplares ecuatorianos. TROPICOS se puede consultar on-line, y toda la información de cada registro, incluida la taxonómica, se revisa y actualiza constantemente. Esta puesta al día permanente, junto con sus funciones de análisis de datos, convierten a TROPICOS en una herramienta de primer orden para estos estudios. Para el análisis utilizaron 6 familias de plantas vasculares (Araceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Leguminosae) y algunas especies de páramo que corresponden a diferentes familias. Modelaron en total 413 especies (17.717 registros). “Estas familias fueron elegidas porque comparten y representan una gran variedad de hábitats que las hace ser buenas indicadoras de patrones de diversidad y representan casi todos los ecosistemas de Ecuador”. (J Muñoz & T. Delgado, R. Mateo, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007)⁷².

Consideraciones para la Selección de las Especies:

- Disponibilidad de la información y nivel de conocimiento.
- Presencia de especies en todas la Unidades de Vegetación de la eco-región.
- Referencia de bibliografía especializada sobre el hábitat.
- Presencia (datos) de especies con rangos restringidos de distribución
- Posibilidad de inclusión en el análisis de todas o la mayoría de las especies (principalmente de las Aves).

4.4.1.5 Delimitación de las áreas de distribución de las especies

El primer nivel de información necesario, para la estructuración de cada uno de los criterios biológicos, fue la representación del área de distribución de cada una de las especies de cada taxón seleccionada mediante la construcción de polígonos. Cada área de distribución de la especie, fue representada independientemente sobre el mapa base, el cual para simplificar el trabajo incluyó, curvas de nivel cada 200 metros poligonizadas, sistema hidrográfico completo, índice toponímico y grilla de coordenadas geográficas.

⁶⁹ Nature Serve, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, Registros disponibles de las especies para cada país (<http://infonatura.natureserve.org>).

⁷⁰ Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, Jesús Muñoz, Tania Delgado y Rubén G. Mateo del Real Jardín Botánico de Madrid, 2007

⁷¹ <http://www.tropicos.org/>, Missouri Botanical Garden

⁷² Muñoz. J& Delgado.T, Mateo.R, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007

4.4.1.6 Modelamiento en SIG

Modelamiento (dentro del ámbito geográfico) es un término que resume los diversos procesos de unión, intersección, “dissolve”, “clip” y demás operaciones que se realizan secuencialmente sobre datos geográficos para poder representar las interrelaciones entre las variables que intervienen en el estudio⁷³.

Este modelamiento también involucra las ponderaciones que se den a cada variable o las reclasificaciones en rangos de los resultados finales. Se usa “Modelamiento en SIG” (Sistemas de Información Geográfica) porque es la herramienta que permite realizar todas estas actividades.

“Para obtener el mapa de biodiversidad potencial y de estimación de riqueza florística, se utilizó ArcView 3.2, se realizó la suma de los modelos de presencia/ausencia y de probabilidad, de todas las especies que se tomaron en cuenta para este trabajo, en el cual el valor de cada píxel es el número de especies que potencialmente podrían desarrollarse en él, según estos modelos”. (J Muñoz & T. Delgado, R Mateo, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007).

Con el resultado del modelamiento de las especies de Fauna y con la estimación de riqueza florística, finalmente se realizó la algebra de mapas de: fauna, aves, anfibios, reptiles y flora, con el mapa base de la división territorial de Ecuador continental por cantones, con el propósito de establecer de acuerdo a la administración territorial del país los sitios de mayor riqueza biológica. También se utilizó la suma de mapas de riqueza probable de fauna en relación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas SNAP, en términos de establecer la inclusión exclusión de estas taxas en el SNAP.

4.4.2 Riqueza probable de especies.

“La suma de todos los modelos de idoneidad de probabilidad, nos permite generar mapas de riqueza probable” (J. Muñoz & T. Delgado, 2007, Jardín Botánico de Madrid)⁷⁴. En estos mapas resultantes se observan las zonas con más riqueza probable.

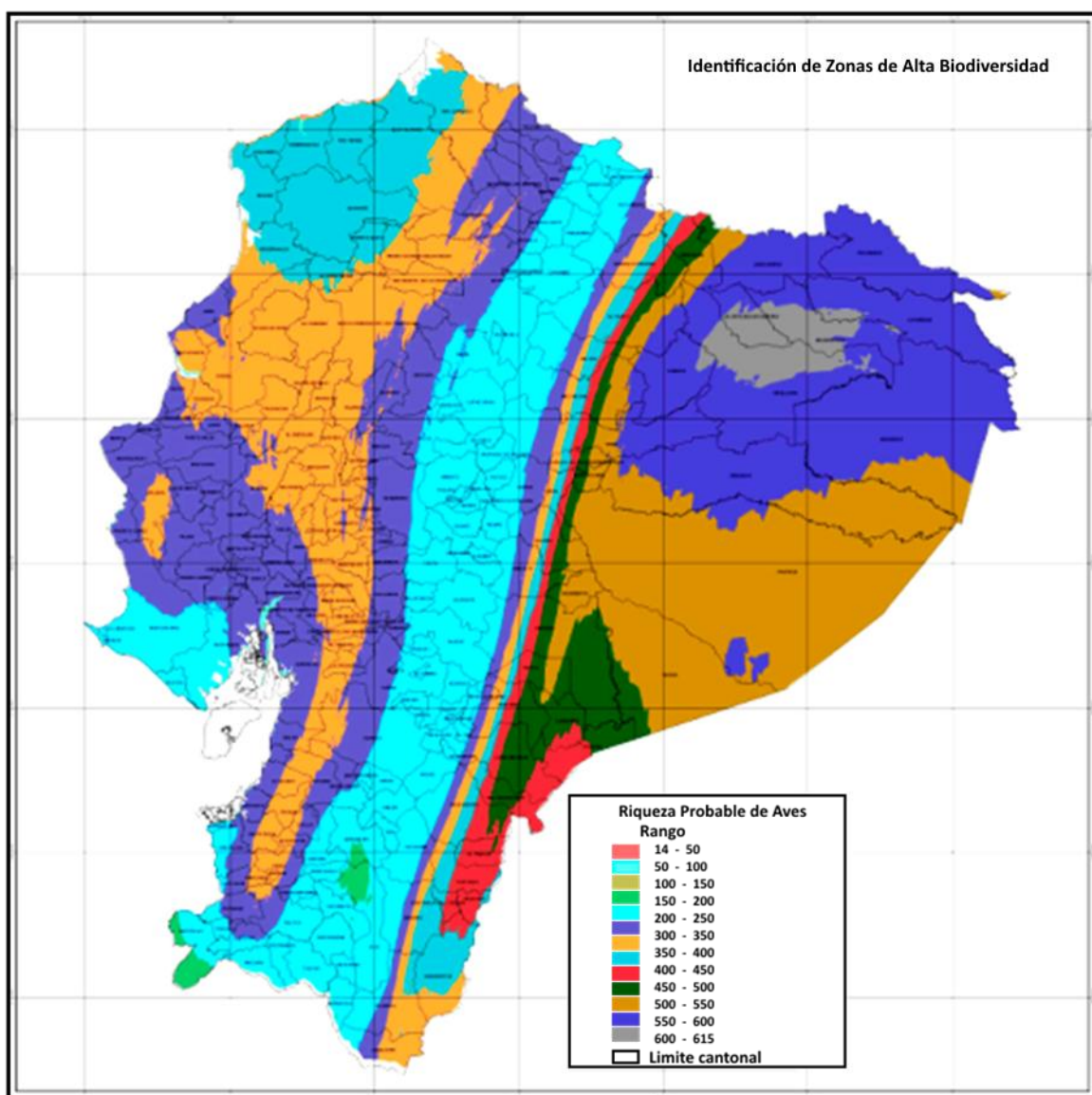
Se confirma que las zonas de importancia para la conservación identificadas en la Amazonía norte se ubican entre la Reserva Ecológica Cayambe-Coca y la Reserva Ecológica Cofán-Bermejo, y en la periferia nororiental del Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras, así como en el Parque Nacional Yasuní y en sus zonas de amortiguamiento. En el sur de la región amazónica, las zonas prioritarias de conservación más extensas se encuentran en el valle de esparsamiento del Pastaza.

De manera general, el estado de conservación de los indicadores en cuanto a especies es mucho mejor en la Sierra que en la Costa.

⁷³ Jatun Sacha/CDC-Ecuador, Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación En la Cordillera Real Oriental Colombia-Ecuador-Perú, Enero 2003, Quito - Ecuador.

⁷⁴ J. Muñoz & T. Delgado, 2007, Jardín Botánico de Madrid

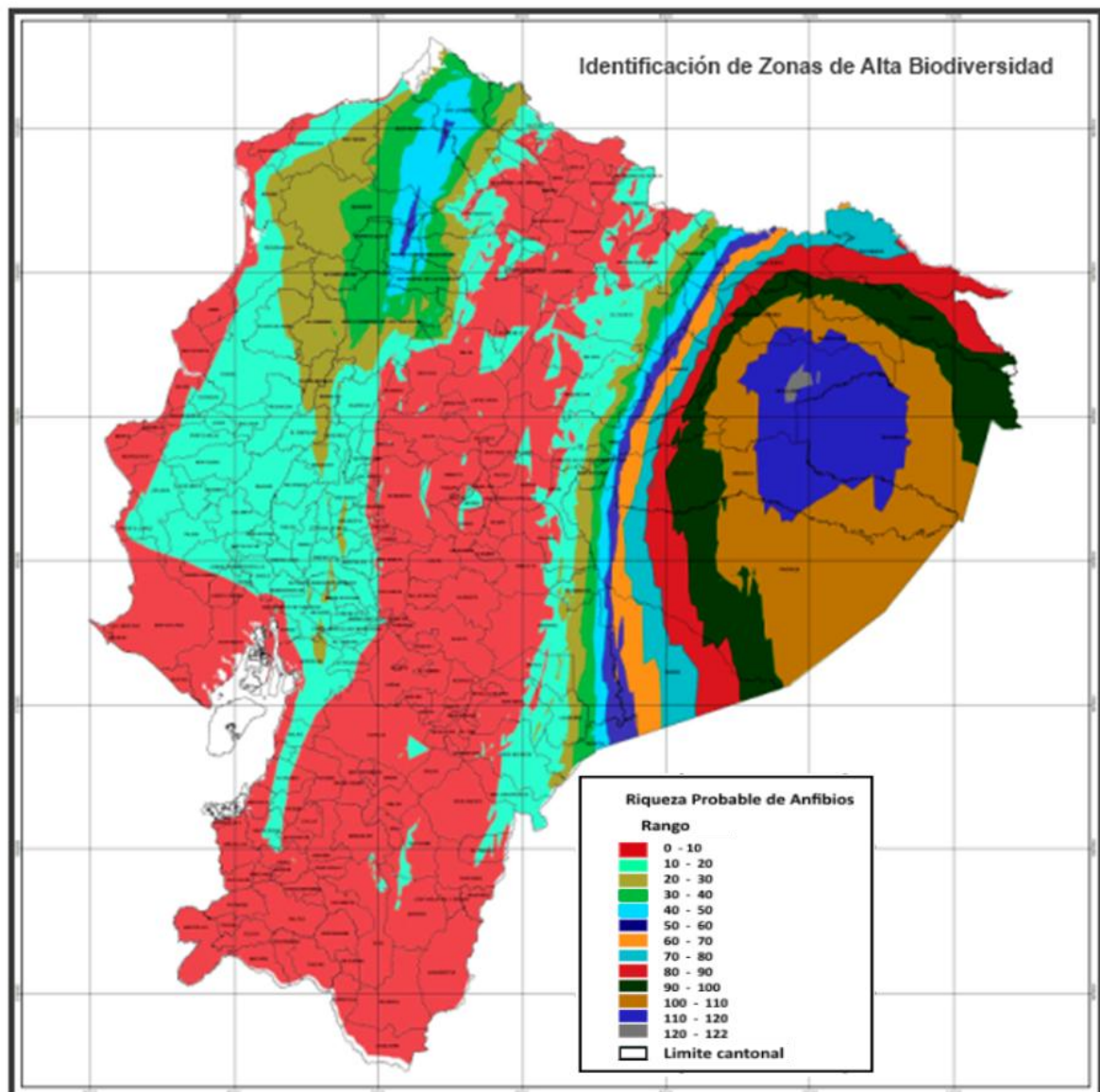
Mapa 7. Riqueza Probable de Aves



Utilizando el mapa base de la división territorial de Ecuador continental por cantones, encontramos que los cantones con mayor presencia de especies de aves se encuentran en la amazonia norte:

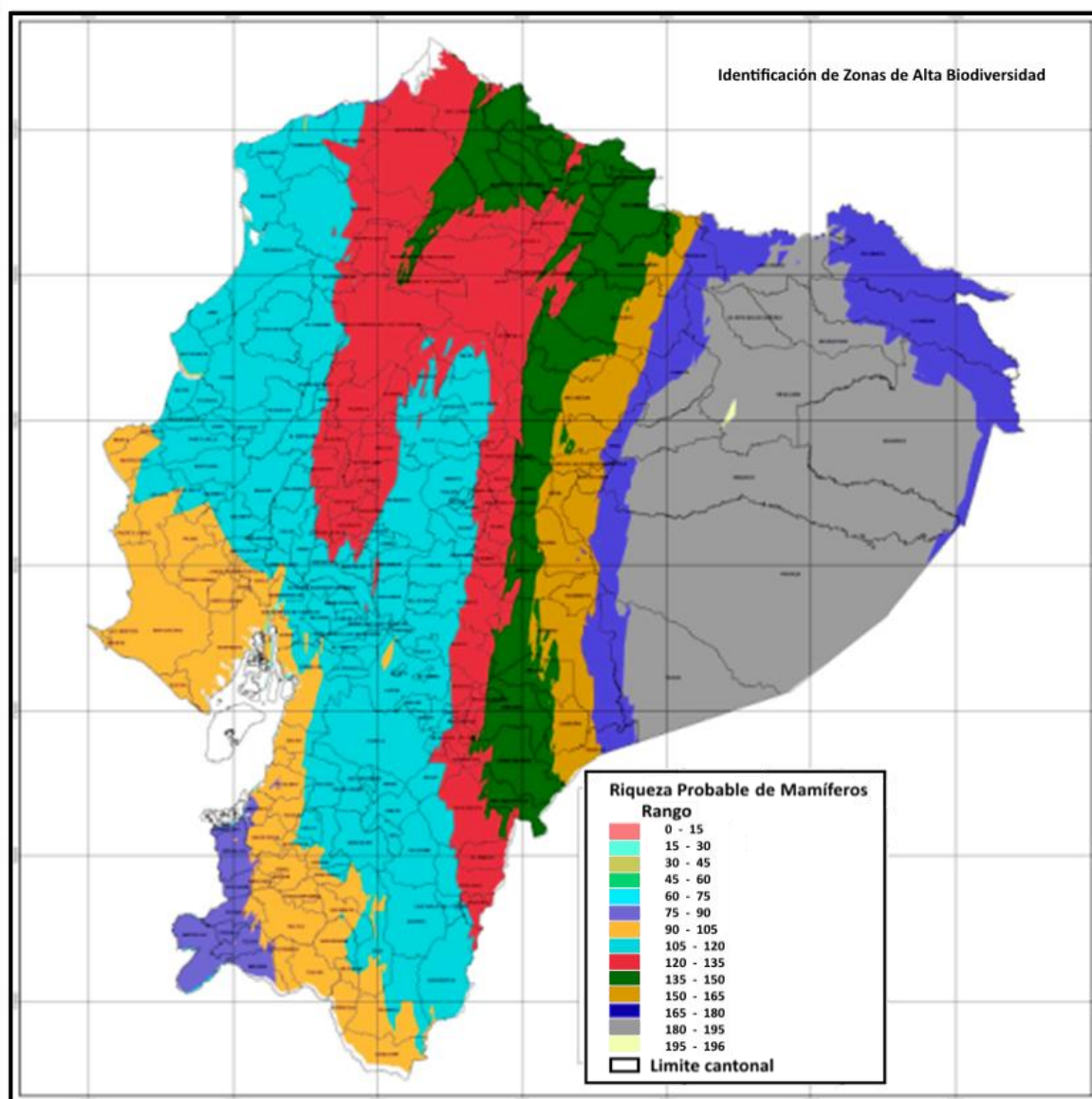
En cuanto a la riqueza probable de aves, en la región amazónica encontramos una alta representación de esta taxa principalmente en el nororiente en los cantones: Cuyabeno, Putumayo, Joya de los Sachas, Loreto, Orellana, Sushufindi, Aguarico, Arajuno, Archidona, Pastaza, en el Suroriente; Gualaquiza, Huamboya, Limón Indanza, Tiwinza, Paquisha, Zamora, Morona, Centinela del Cóndor. En los flacos occidentales de los Andes se encuentra una alta diversidad y endemismo en los cantones: Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, Santo Domingo. En la Costa: en los cantones San Lorenzo, Rio Verde, Quinindé, Esmeraldas, Atacames, Muisne, la Concordia, Chone, Pedernales, Santa Clara al Sur, y Zaruma.

Mapa 8. Riqueza Probable de Anfibios



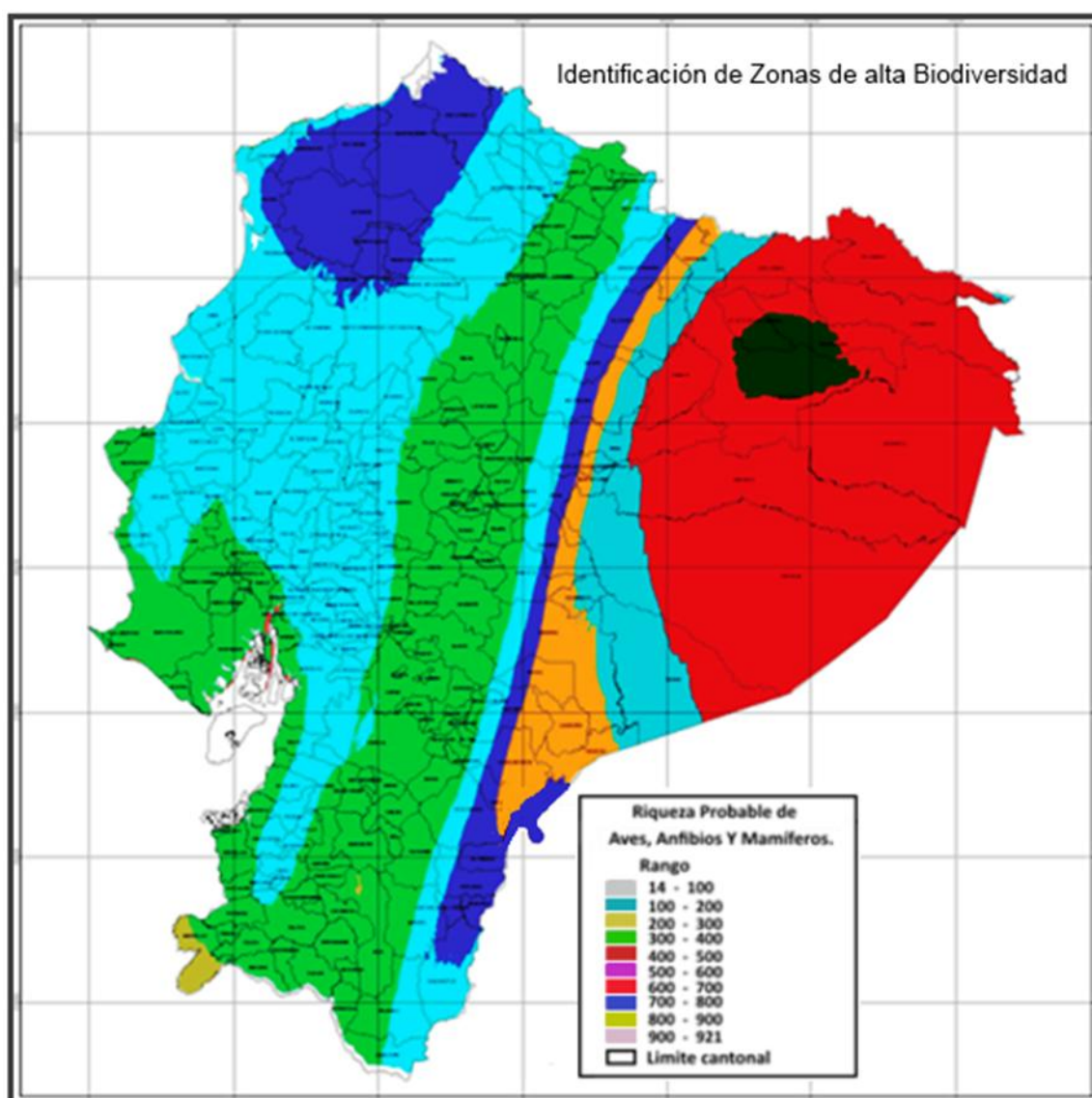
Con relación a la riqueza probable de anfibios encontramos también que la zona nororiental presenta una alta diversidad de esta taxa distribuida en los cantones: Orellana, Aguarico, Arajuno, Joya de los Sachas, Pastaza, Shushufindi, Cuyabeno, Tena, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Taisha, Cascales, en la Costa: Esmeraldas, Quindiné, las zonas de incidencia de la Reserva Ecológica Mache Chindul, las zonas bajas de la reserva Cotacachi Cayapas, y los flancos occidentales de la cordillera de los Andes en los cantones de Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito. En la zona suroriental en los cantones Zamora y Morona, así como el cantón Centinela del Cóndor en la Cordillera del Cóndor-Cutucú.

Mapa 9. Riqueza Probable de Mamíferos



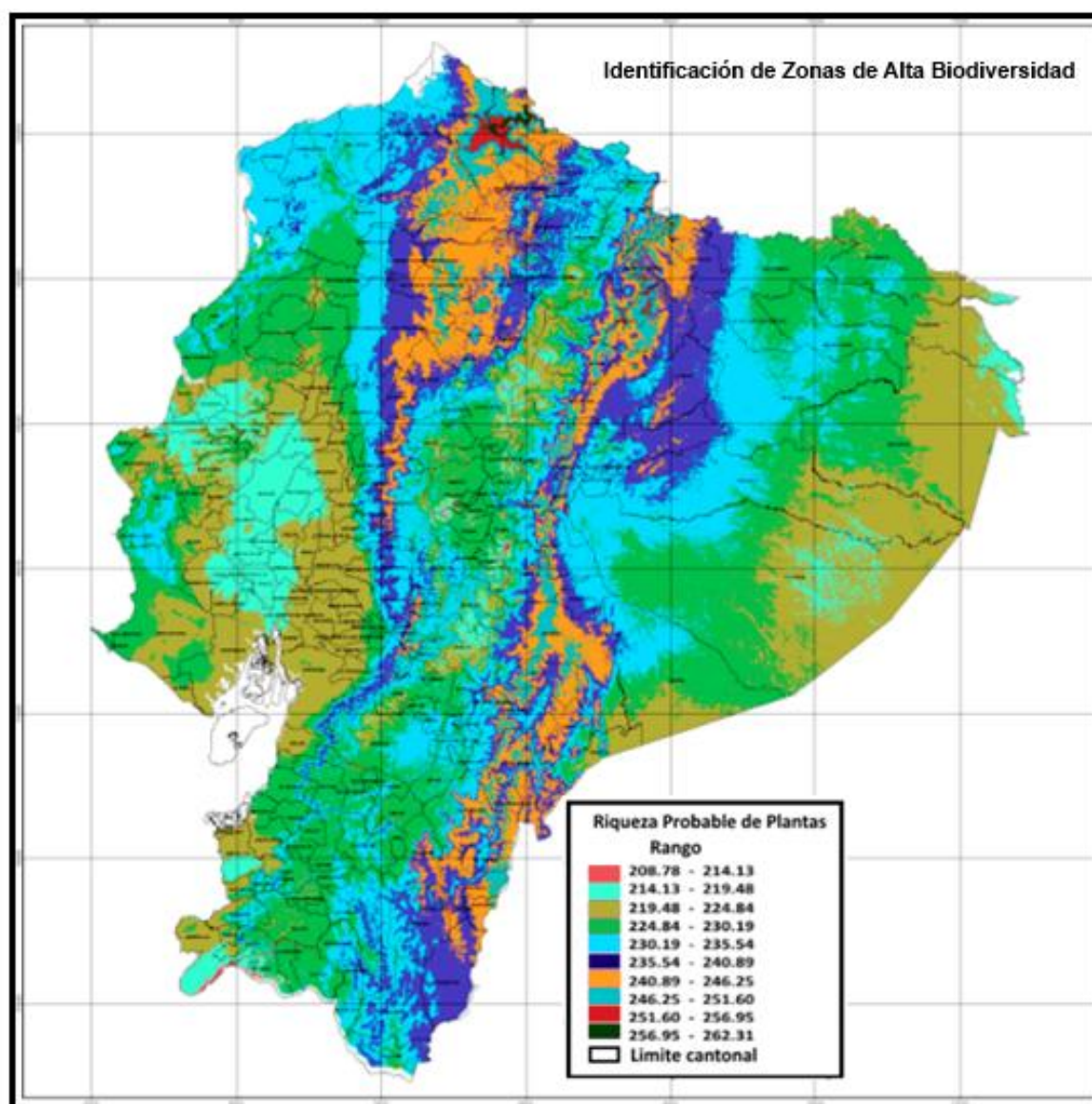
Los mamíferos constituyen un grupo con amplia distribución en todo el país, en la amazonia norte en los cantones: Orellana, Tena, Aguarico, Arajuno, Cascales, Cuyabeno, Joya de los Sachas, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Sushufindi, Palora, El Chaco, Archidona, Mera, Pastaza, Taisha, en la zona de la amazonia sur, Huamboya, Tiwintza, Sucúa, Limón Indanza, Santiago, Gualaceo. En la Sierra norte: Tulcán, Espejo, Cotacachi en la zona de la reserva Cotacachi Cayapas, Cayambe, Otavalo, en la sierra centro Alausi, Guamote, Quero, Pujili, Sig Sig. En la Costa Los mamíferos, se registran de manera importante en Palenque, en los flancos occidentales de la cordillera de los Andes, en Río Verde, Urdaneta, Valencia, Ventanas, Vinces, Pueblo Viejo.

Mapa 10. Riqueza Probable de Aves, Anfibios Y Mamíferos



Realizando la suma de los modelos de probabilidad de aves, anfibios, mamíferos, en el mapa base de división territorial de los cantones de Ecuador, se establece que la riqueza probable de esta fauna se ubica con mayor presencia en los cantones de la amazonia norte: Joya de los Sachas, Orellana, Shushufindi, Aguarico, Arajuno, Archidona, Cascales, Cuyabeno, El Chaco, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Taisha, Tena, en la zona de la Reserva Faunistica del Cuyabeno y sus zonas de amortiguamiento, y del Parque Nacional Yasuní, debiendo anotarse que gran parte de estas zonas están fuera de estas Areas Naturales Protegidas. Hacia el Sur otras áreas importantes de riqueza probable de Fauna se registran en los cantones: Pastaza, Huamboya, Morona, Tiwintza, Sucúa, Limón Indanza, Nangaritza, Paquisha entre otros. En la Sierra los cantones que registran gran riqueza probable de Fauna son: Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Quito, Cotacachi, Tulcán. En la Costa, los cantones: San Lorenzo, Rio Verde, Esmeraldas, Quininde, El Carmén, Chone, Atacames, Muisne, Pedernales, La Concordia, Eloy Alfaro entre otros.

Mapa 11. Riqueza Probable de Plantas



En cuanto a las “plantas consideradas para este trabajo, la suma de todos los modelos de idoneidad de probabilidad, nos permite generar un mapa de riqueza probable” (J. Muñoz & T. Delgado, 2007, Jardín Botánico de Madrid)⁷⁵. Con los mapas resultantes se observan las zonas con más riqueza probable: que en el caso de las especies de plantas incluidas en este trabajo están en: todo el norte de la provincia de Esmeraldas, en los cantones: San Lorenzo, Río Verde, Quinindé, Atacames, Muisne, y la intersección entre esta, con la provincia de Carchi los cantones de Mira y Tulcán, Montufar, la provincia de Imbabura los cantones Otavalo y Cotacachi; de igual forma las provincias de Pichincha, los Cantones Quito, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de Los Bancos, Puerto Quito, y en las provincia de la Sierra Central los cantones: Chillanes, Chunchi, Colta, Caluma, Cañar, Cumandá, Echandia, Guaranda, Pujilí, Pallatanga y hacia el sur de la sierra los cantones: Celica, Chilla, Chimbo, Chinchipe, Cuenca. Y en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, el cantón del mismo nombre.

⁷⁵ Muñoz Jesús, Delgado Tania y García Mateo Rubén, Real Jardín Botánico de Madrid, Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, 2007, “Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador”.

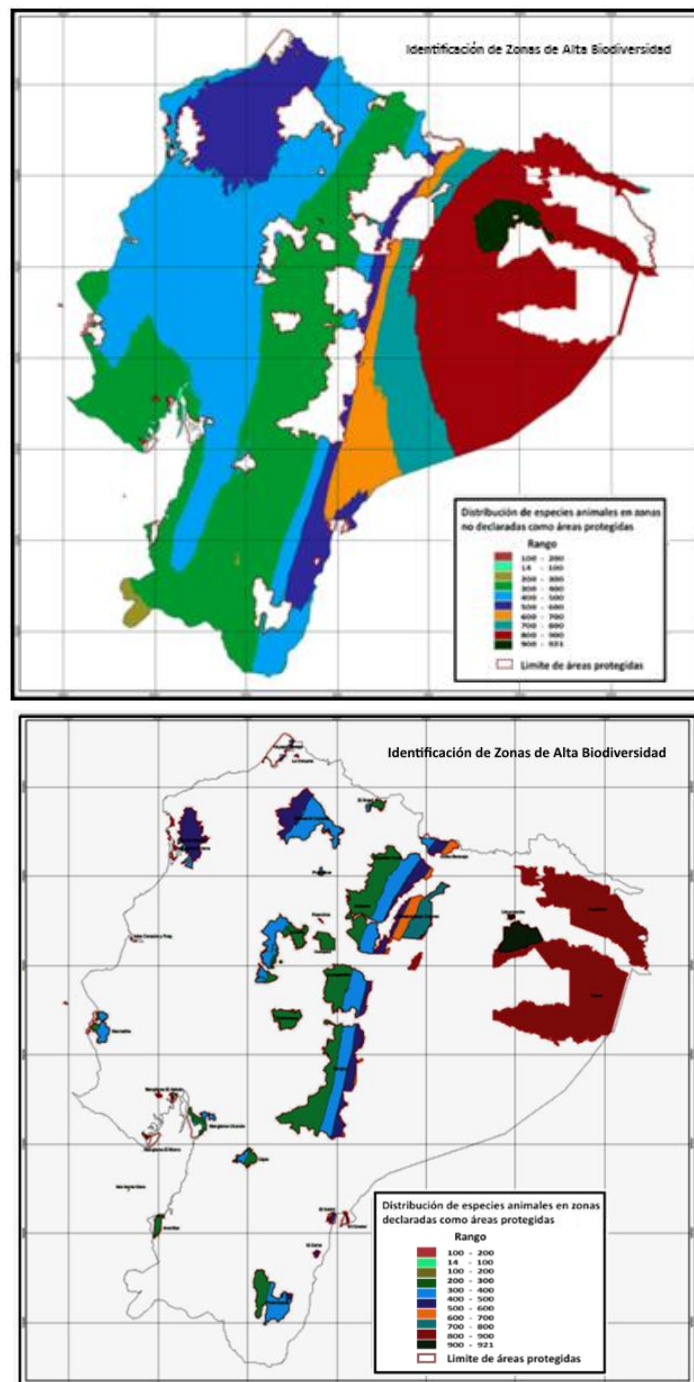
En la amazonia se concentra de igual manera una alta diversidad de las plantas que se han incluido en este trabajo, en la zona norte de la amazonia en los cantones: La Joya de los Sachas, Cascales, Orellana, Putumayo, El Chaco, Gonzalo Pizarro, Quijos, Sucumbios, Archidona, Loreto, Pastaza, Mera, Hacia el sur de la Amazonia los cantones: Gualaquiza, Huamboya, Limón Indanza, Morona, Paquisha, Tiwintza, Centinela del Cóndor, Yantzasa, Zamora, Nangaritza. En la Costa en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y el Oro, los cantones: Pedernales, El Guabo, La Mana, El Triunfo, Arenillas, Valencia, Puyango, Zaruma, Ventanas.

En la parte sur del Ecuador el número potencial de especies decrece, por la falta de un hábitat apropiado, ya que la corriente de Humboldt ocasiona desertificación y condiciones climáticas más secas a lo largo de la costa y las estribaciones occidentales de los Andes en el sur del Ecuador y Perú (Croat, 1992).

Las zonas más diversas abarcan los “hotspots” que corresponden a Ecuador Occidental y los Andes Tropicales (Myers *et al*, 2000). Estos cubren gran número de ecosistemas y conforman una multiplicidad impresionante de micro hábitats, lo que da como resultado que estas zonas tengan niveles bien altos de diversidad y endemismo de especies.

Considerando la inclusión y exclusión de especies con relación a las Áreas Naturales Protegidas, las zonas que presentan alta prioridad para la conservación, están constituidas por la mayoría de remanentes boscosos de la Cordillera Oriental. Que se encuentran mayoritariamente en los Parques Nacionales Podocarpus, Sangay, Llanganates, Sumaco-Napo–Galeras y las Reservas Ecológicas Antisana y Cayambe–Coca, y sus zonas de amortiguamiento.

Mapa 12. Riqueza Probable De Aves, Anfibios, Mamíferos Y Su Relación De Exclusión E Inclusión En Áreas Naturales Protegidas



4.4.2.1 Zonas Prioritarias de Conservación a Nivel General

Remanencia De Ecosistemas En Ecuador Continental Con Relación Al SNAP

La distribución de las áreas básicas para conservación está relacionada con la caracterización de cada área y el porcentaje de la vegetación remanente incluida en cada escenario.

En cuanto a la Costa, las zonas más grandes de conservación se ubican en los bosques siempre-verdes de la porción oriental de la provincia de Esmeraldas, el área de colinas bajas al nororiente de Manabí y los bosques deciduos en la porción occidental de Guayas y Manabí.

En la Sierra se ubican zonas representativas en los flancos de los Andes occidentales de las provincias de Bolívar, Pichincha e Imbabura, y en los flancos interiores de los Andes orientales en Carchi e Imbabura. Sin embargo, las zonas más diversas identificadas se encuentran en el sur de la Sierra. Estas áreas incluyen flancos de los Andes occidentales en las provincias de Loja y El Oro, y los bosques pluviales asociados con las cordilleras sub-andinas orientales en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago.

El porcentaje de remanencia de los ecosistemas de la Sierra es considerablemente mayor (media 61%) que el porcentaje de remanencia de los sistemas en la Costa (media 34,95%) donde queda menos del 30% de la vegetación natural.

4.4.2.2 Zonas Básicas De Conservación con Relación al SNAP

- En la Costa, las áreas identificadas como zonas básicas de conservación son consistentemente mayores que las áreas incluidas dentro del SNAP.
- Si se pretende proteger las áreas básicas de prioridad Muy Alta, Alta y Media se tendría que incluir el 67,87% de la vegetación remanente de esta región.
- El porcentaje de la vegetación remanente fuera del SNAP que se incluiría en una propuesta de Red de Áreas Naturales Protegidas varía entre 12,16% y 88,66%,
- La relación entre la superficie de áreas básicas de conservación y las áreas dentro del SNAP es más equilibrada, en la Sierra que en la Costa.
- En la Amazonía, las zonas prioritarias de conservación representan un porcentaje menor que el total de áreas protegidas en todos los escenarios (entre el 30% y el 35,6%). Esto se debe a la importancia de las áreas protegidas existentes en esta región en términos de representación de los ecosistemas.

Tomando en consideración todos los criterios anteriores se han establecido 5 categorías para la designación de las zonas prioritarias de conservación:

4.4.2.3 Muy Alta Prioridad de Conservación

- En cuanto a los cantones que presentan riqueza probable de aves, anfibios mamíferos y plantas, y que por tanto deben ser prioridad en el establecimiento de áreas básicas de conservación son: Joya de los Sachas, Orellana, Shushufindi, Aguarico, Arajuno, Archidona, Cascales, Cuyabeno, El Chaco, Lago Agrio, Loreto, Putumayo, Taisha, Tena, en la zona de la Reserva Faunística del Cuyabeno y sus zonas de amortiguamiento, y del Parque Nacional Yasuní, debiendo anotarse que gran parte de estas zonas están fuera de estas Áreas Naturales Protegidas. Hacia el Sur otras áreas importantes de riqueza probable se registran en los cantones: Pastaza, Huamboya, Morona, Tiwintza, Sucúa, Limón Indanza, Nangaritza, Paquisha entre otros. En la Sierra los cantones que registran gran riqueza probable de Fauna son: Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Quito, Cotacachi, Tulcán. En la Costa, los cantones: San Lorenzo, Rio

Verde, Esmeraldas, Quinindé, El Carmen, Chone, Atacames, Muisne, Pedernales, La Concordia, Eloy Alfaro entre otros.

- Los alrededores de la Cordillera del Cóndor, entre las poblaciones de San Carlos de Limón y Santiago (parroquia San Miguel de Conchay, cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago) y (su continuación en territorio peruano), en la cordillera del Cóndor, límite oriental del Parque Nacional Podocarpus, cantón Yacuambi, provincia de Morona Santiago, (parroquia Curaray, cantón Arajuno, provincia de Pastaza).
- En el sector noroccidental del país, entre las provincias de Esmeraldas y los flancos occidentales bajos de Carchi e Imbabura y el norte de Manabí por la zona de Mache Chindul, Tierras Bajas de la Costa, los Andes Occidentales. Así como también las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes en la provincia de Pichincha, y en la intersección de esta con las provincias de Los Ríos y Cotopaxi extendiéndose hasta Bolívar, observándose un área potencial más extensa en Pichincha.

4.4.2.4 Alta Prioridad de Conservación

- Esta zona está constituida por la mayoría de remanentes boscosos de la Cordillera Oriental. En el Ecuador, estas zonas se encuentran mayoritariamente dentro de los Parques Nacionales Podocarpus, Sangay, Llanganates, Sumaco - Napo – Galeras y las Reservas Ecológicas Antisana y Cayambe – Coca.

4.4.2.5 Moderada Prioridad de Conservación

- Se encuentra principalmente, en las cercanías de vías de tercer orden o poblaciones pequeñas; el impacto que reciben estas áreas debido a la presencia antrópica hace que la priorización para conservación sea un poco más baja. Estas zonas pueden ser consideradas para establecer programas y proyectos de recuperación de hábitat o de conversión de uso, según sea el caso.

4.4.2.6 Baja Prioridad de Conservación

- Son zonas ubicadas en los alrededores de vías de segundo orden, o poblaciones medianas; la presión de estos elementos afecta de mayor manera al ecosistema, por ende su prioridad de conservación es menor.

4.4.2.7 Muy Baja Prioridad de Conservación

- Son zonas donde la presión del hombre es tan grande que casi no existen ecosistemas naturales. Se encuentran en las cercanías de las grandes ciudades, vías de primer orden. Estas zonas los ecosistemas.

Las zonas básicas identificadas y priorizadas deben interpretarse como una representación breve y puntual de un proceso dinámico de establecimiento de prioridades de conservación que debe ser permanentemente monitoreado y actualizado en términos de nueva información científica, así como de las nuevas realidades sociales y políticas del país, permitiendo establecer estrategias de conservación igualmente dinámicas.

Los resultados obtenidos se relacionan con determinadas áreas geográficas en el Ecuador continental que deben tener estrategias de conservación a través de la conformación de una Red de Espacios Naturales Protegidos. Lo que debe llevar a estudios más profundos y

detenidos que integren la dinámica social, económica y ecológica, a la vez que integren varios esfuerzos de varias instituciones.

La representación de los indicadores de la biodiversidad seleccionados para este estudio pueden ser deficientes, lo que puede conducir a que varios ecosistemas se encuentren sub-representados o ausentes por completo del SNAP, de manera especial en la región Costa, los Andes australes y la Amazonía sur.

Cerca del 20% del territorio de Ecuador Continental se encuentra en categorías de protección dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) sin embargo existe una distribución desigual con relación a las tres regiones geográficas naturales (Costa, Sierra, Amazonía): Amplias zonas y ecosistemas del país no tienen ninguna categoría de protección.

Varias áreas protegidas de Ecuador continental deben ampliar su territorio de protección ya que presentan tamaños insuficientes para cumplir con los objetivos de protección para los que fueron creadas: mantener muestras representativas de ciertos ecosistemas y especies.

4.5 Diseño de la Red de Conectividad

4.5.1 Metodología Con Marxan

Durante la primera etapa se procesó, y acumuló información existente, así como se creó proceso información nueva, se obtuvieron las diferentes capas de mapas necesarias de los objetos de conservación, así como la definición de los criterios de conectividad biológica, principalmente utilizando Arc Gis 10.1, la segunda etapa consistió en procesar información para Marxan y ejecutar este algoritmo. Como se indicó anteriormente el uso de estos programas informáticos ha sido un factor de primera importancia en la propuesta.

4.5.2 Base Informativa del Proyecto

Se consideró la información de las siguientes fuentes:

- Modelo De Elevación Digital (Dem), De Marc Souris, Tamaño De Pixel 50m
- Mapa del Sistema Nacional De Áreas Protegidas Del Ecuador, (SNAP), MAE, Escala 1:250.000
- Mapa de Bosques Protectores, MAE, Escala 1:250 000
- Mapa de Zonas Intangibles, MAE, Escala 1:250 000.
- Mapa de la Red Vial Estatal 2013, Ministerio de Transporte. Escala 1:250 000.
- Mapas de Campos Petroleros, Petroecuador.
- Ríos Principales, Instituto Geográfico Militar, (IGM). Escala 1:250 000
- Sistema Hidrológico Del Ecuador Continental, Escala 1:250 000, Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA.
- Poblados, IGM, Escala 1:250 000
- Oleoductos, Petroecuador.
- Mapas de campos mineros. Minería, Ministerio de Recursos No Renovables
- Mapa De Ecosistemas Del Ecuador Continental, 2013, MAE, Escala 1: 250.000

El Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, tiene una Escala 1: 250.000, proporcionado por el Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería y Pesca (SINAGAP), clasificando los usos del suelo en grandes grupos de paisaje que son: Antrópico, Mixto y Natural, se incluyó la categoría de Mixto debido a que este mapa en su leyenda consta con porcentajes de cobertura vegetal que tienen uso antrópico y natural al mismo tiempo, y que para efectos del desarrollo de la propuesta planteada es necesario tomar en cuenta este criterio en beneficio de incorporar parches de ecosistemas importantes.

El mapa de cobertura del SINAGAP de uso y cobertura del suelo, utilizado fue modificado de acuerdo a lo realizado en el proyecto efectuado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito - PUCE DEMO-2010.

- Áreas Antrópicas: Son las áreas que han sido intervenidas con acción directa o indirecta del ser humano. Se consideró como áreas antrópicas todos los polígonos de la cobertura que tenían la siguiente leyenda⁷⁶:

Tabla 11. Cobertura de las Áreas Intervenidas o Antrópicas

Cobertura de las Áreas Intervenidas / Cultivos			
1	Abacá	18	Cultivos de ciclo corto en áreas en proceso de erosión
2	Arboricultura tropical	19	Cultivos de ciclo corto en áreas erosionadas
3	Arboricultura tropical en áreas con fuertes procesos erosivos	20	Frutales
4	Área urbana	21	Mango
5	Arroz	22	Maíz
6	Banano	23	Maíz en áreas con fuertes procesos erosivos
7	Bosque plantado	24	Maíz en áreas en procesos de erosión
8	Cabuya	25	Maíz en áreas erosionadas
9	Cacao	26	Palma africana
10	Café	27	Papas
11	Camaronera	28	Pasto cultivado
12	Caña	29	Pasto cultivado en áreas con fuertes procesos erosivos
13	Caña en áreas erosionadas	30	Pasto cultivado en áreas en proceso de erosión
14	Cuerpo de agua artificial	31	Pasto cultivado en áreas erosionadas
15	Cultivos bajo invernadero	32	Piña
16	Cultivos de ciclo corto	33	Té
17	Cultivos de ciclo corto en áreas con fuertes procesos erosivos		

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador, (MAGAP).

- Áreas naturales: Para efectos de utilización del Mapa de cobertura de uso, consideramos a estas, como: áreas que no han sido modificadas por el hombre.

Se consideró como espacios naturales todos los polígonos de la cobertura que tenían la siguiente leyenda:

Tabla 12. Espacios no Intervenidos o Naturales

ESPACIOS CONSIDERADOS NATURALES			
1	Afloramiento rocoso, mina, grava	11	Pasto natural en áreas con fuertes procesos erosivos
2	Áreas salinas	12	Pasto natural en áreas en proceso de erosión
3	Banco de arena	13	Pasto natural en áreas erosionadas
4	Bosque natural	14	Playa
5	Bosque Intervenido	15	Páramo
6	Cuerpo de agua natural	16	Vegetación arbustiva
7	Humedal	17	Vegetación arbustiva en áreas con fuertes procesos erosivos

⁷⁶ Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – SINAGAP. Quito - Ecuador. 2013.

ESPACIOS CONSIDERADOS NATURALES			
8	Manglar	18	Vegetación arbustiva en áreas en proceso de erosión
9	Nieve y hielo	19	Vegetación arbustiva en áreas erosionadas
10	Pasto natural		

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador, (MAGAP).

- Áreas mixtas: Como se mencionó anteriormente, algunos polígonos constaban de información parcial con porcentajes de uso del suelo. Éstas se las dividió en 3 categorías: 70% natural – 30% antrópico, 70% Antrópico – 30% Natural, y 50% natural – 50% antrópico.

Se calculó un índice para cada polígono el cual muestra la cantidad de área antrópica dentro de cada una de estas áreas que sirva para los cálculos posteriores.

Dentro de la leyenda se encontraron algunos polígonos que tenían como leyenda “Área erosionada”. Según la clasificación de Zachar (1982)⁷⁷ de la erosión existen diferentes agentes que provocan la erosión: los agentes naturales y los agentes antrópicos

Siendo así el caso, puede existir tanto erosión antrópica, como erosión natural. Para poder determinar el origen de la erosión se aplicó la primera teoría de la geografía de Waldo Tobler, (1970)⁷⁸ que dice: *“Todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes”*.

4.5.3 Especies Símbolo (Vertebrados)

Ecuador es reconocido por su alta diversidad biológica. Como se manifestó en la Introducción, la presencia de la cordillera de los Andes determina una gran variedad de climas y suelos, entre otros factores, que influyen para el acervo de su gran biodiversidad ambiental y micro-ambiental.

La Fauna vertebrada excluyendo los peces representa el 11,47% del total planetario, de este porcentaje: **448 especies de anfibios, 1613 especies de aves y 365 especies de mamíferos**, fundamentalmente extraída de la base de datos de **Nature Serve**, considerado como el cuarto país en el mundo en diversidad de vertebrados. Adicionalmente destaca el nivel de endemismo que se ubica en un 15,6% del total, considerando el nivel de endemismo por grupo taxonómico, los anfibios tienen un 60% de endemismo (240 especies del total nacional), en el caso de los reptiles el 30,5% (114 especies del total nacional), en el caso de aves y mamíferos es menor pero no deja de ser importante.

Muchas especies de vertebrados son un símbolo para la biodiversidad, pues son un indicador de referencia en la calidad o salud de los ecosistemas que habitan. Varias especies de aves y mamíferos desempeñan un rol de depredadores, como los felinos y canidos de la clase de los mamíferos o los accipitidos de las aves. También varias especies de este grupo son animales cosmopolitas y se adaptan a todas las circunstancias, pero su ausencia determina los índices de contaminación de las aguas y atmósfera llegando a evitar vivir en ciertas zonas.

Culturalmente los pueblos indígenas y mestizos, históricamente, han desarrollado diferentes creencias acerca de determinadas especies de vertebrados, varios pueblos amazónicos veneran al jaguar (*Panthera onca*), sus Shamanes han impartido la creencia de que ellos se transforman en el “Dios Jaguar”, en sus transmutaciones después de la ingesta de la

⁷⁷ ZACHAR, D. *Soil erosion*. Elsevier Scient. Publ. Co., Amsterdam. 1982.

⁷⁸ Tobler, Waldo, “A Computer Movie Simulation Urban Growth in the Detroit Region”, *Economic geography*, 46 (2), International Geographical Union, Commission on Quantitative Methods, pp. 234-240. 1970.

Ayaguashca⁷⁹, los Huaorani tienen como símbolo de poder al águila Harpya (*Harpya harpya*), de igual manera en las comunidades indígenas de la región andina se respeta y se tiene cierto culto por el Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Escudo Patrio del Ecuador uno de sus componentes simbólicos es el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*).

Tomando en cuenta las características simbólicas; desde el punto de vista biológico y del ámbito histórico-cultural, se han considerado 31 especies de vertebrados como Especies Símbolo, y a su vez como objetos de conservación, con lo que se ha elaborado uno de los mapas parciales para ejecutar el algoritmo Marxan. El mapa de las especies símbolo como objetos de conservación se lo ha realizado sobre la base de la propuesta de Pisos Zoo-geográficos de Albuja et al.

Además para estas especies símbolo se consideró el estatus de conservación (categorías de la UICN)⁸⁰, su abundancia, así como su distribución y principalmente su rol ecológico ya que la mayoría de ellas son indicadores de calidad de hábitat. En este sentido se ha valorado el hecho de que perder la presencia de una especie significa la desaparición total de un eslabón en la cadena que une a todos los seres vivos, incluyendo a los humanos, con el planeta.

Tabla 13. Pisos Zoo-geográficos Del Ecuador

PISOS ZOOGEOGRÁFICOS DEL ECUADOR					
(Adaptado de Albuja et al. 1980)					
	PROVINCIA	PISO	UBICACIÓN	ALTITUD (msnm)	CLIMA
I	Pacífica	Marino	Mares continental e insular	< 0	Marítimo
II	Pacífica	Tropical Noroccidental	Noroccidente	0 a 800 y 1000	Cálido Húmedo
III	Del Desierto	Tropical Suroccidental	Suroccidente	0 a 800 y 1000	Cálido Seco
IV	Amazónica	Tropical Oriental	Oriente	0 a 800 y 1000	Cálido Húmedo
V	Pacífica	Subtropical Occidental	Occidente	800 y 1000 a 1800 y 2000	Subtropical
VI	De las Yungas	Subtropical Oriental	Oriente	800 y 1000 a 1800 y 2000	Subtropical
VII	Pacífica	Templado	Estribaciones y valles andinos	800 y 1000 a 1800 y 3000	Templado
VIII	Páramo	Alto Andino	Altos Andes	3000 hasta límite nival	Frío
IX	Pacífica	Galápagos	Islas del Pacífico	0 - 1700	Variable

Tomado de: Albuja, L. & R. Arcos. 2007.⁸¹

Para esta fase se digitalizó el mapa de Pisos Zoo-geográficos de Albuja et, al. Que considera la distribución de las especies de fauna vertebrada en relación al clima y el gradiente de altitud. Obteniendo la siguiente cobertura:

⁷⁹ Asociación Icaro: <http://www.asociacionicaro.org>

El termino **ayahuasca** proviene del quechua y está formado por “aya” que significa “cuerpo muerto”, “muerto” y por huasca que significa “cordel gordo” o “soga”, la traducción más acertada es “la liana que permite ir al lugar de los muertos”, con este nombre se define a una liana usada en las pociones de ayahuasca la *Banisteriopsis Caapi*, los enteogénicos no proceden de ella sino de otras especies ricas en triptaminas que se añaden al bebedizo, como comentan los indios Shuar “las visiones están en las venitas del yagi” (nombre con el que designan a la *Diplopterys Cabrerana*, fuente de triptaminas usada por ellos).

Si los efectos de la ayahuasca no provienen de la *Banisteriopsis caapi* sino de plantas ricas en triptaminas: ¿por qué hay que añadir esta planta?, muy sencillo, las triptaminas son potentes enteógenos que puede ser fumados o esnifados, pero la más usual de todas la DMT si es usada de forma oral es destruida por una enzima de nuestro cuerpo la monoamino oxidasa (MAO).

Los indios del amazonas descubrieron una forma de poder tomar el DMT oralmente, mezclando la planta que lo contiene con la *banisteriopsis caapi*, que es rica en β -carbolinas que actúan como inhibidor de la monoamino oxidasa (IMAO), con lo cual el DMT no es anulado y puede actuar.

Se puede definir la ayahuasca como poción enteogénica cuyos ingredientes principales son una planta rica en triptaminas (*Psychotria Viridis* o *Diplopterys Cabrerana*) y *Banisteriopsis Caapi* que contiene β -carbolinas que inhiben la monoamino oxidasa, enzima de nuestro cuerpo que si no le impidiésemos actuar anularía la DMT.

⁸⁰ UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2001). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1.*

⁸¹ Albuja, L. & R. Arcos. pp. 7 – 33. Lista de Mamíferos actuales del Ecuador Politécnica 27 (4) Biología 7. 2007.

Mapa 13. Pisos Zoo-geográficos de Ecuador Continental



Tabla 14. Especies Símbolo

Clase	Orden	Familia	N. Científico	N. Común
Mamíferos	Carnívora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Jaguar
			<i>Puma concolor</i>	Puma
			<i>Leopardus pardalis</i>	Tigrillo
		Cannidae	<i>Dulscyium culpeus</i>	Lobo de páramo
		Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos
	Primates	Atelidae	<i>Alouata palliata</i>	Mono aullador de la costa
			<i>Alouata Seniculus</i>	Mono aullador rojo
			<i>Ateles belzebuth</i>	Monos araña de vientre amarillo
			<i>Ateles fusciceps</i>	Mono araña de cabeza marrón
	Cetáceos	Innidae	<i>Innia geofrenssis</i>	Delfín rosado de río
Aves	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir amazónico
			<i>Tapirus pinchaque</i>	Tapir de montaña
			<i>Tapiru bairdii</i>	Tapir del Chocó
	Rodentia	Cabidae	<i>Hydrochaerus hydrochaeris</i>	Capibara amazónico
	Ciconiformes	Catharthidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor
	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Harpya harpyja</i>	Águila Harpya
	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	Curiqueque, cara-cara.
	Trochyliformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis nigrivestis</i>	Zamarrito pechinegro
			<i>Ensifera ensifera</i>	Colibrí pico espada

Clase	Orden	Familia	N. Científico	N. Común
	Piciformes	Ramphastidae	<i>Rhamphastus tucanus</i>	Tucán piquiacanalado, Tucán amazónico.
			<i>Ramphastos brevis</i>	Tucán del chocó
			<i>Andigena laminirostris</i>	Tucán andino
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Ara ararauna</i>	Guacamayo azul amarillo
			<i>Ognorhynchus icterotis</i>	Loro cachetidorado
	Passeriformes	Cotingidae	<i>Rupicola peruviana</i>	Gallo de la peña
<i>Cephalopterus penduliger</i>			Pájaro toro, pájaro paraguas	
Reptiles	Squamata Subo. Serpentes	Boidae	<i>Eunectes murinus</i>	Anaconda
	Crocodylia	Alligatoridae	<i>Melanosuchus niger</i>	Caimán
	Chelonios	Podocnamidae	<i>Podocnemis expansa</i>	Charapa
		Testudinae	<i>Chelonoidis denticulata</i>	Motelo
	Squamata Subo. Saurios	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde
Anfibios	Anura	Dendrobatidae	<i>Epipedobates tricolor, anthonyi</i>	Rana flecha tricolor
		Hemiphractidae	<i>Gastroteca riobambae</i>	Rana marsupial
		Centrolenidae	<i>Cocharnela mache</i>	Rana de cristal

Tabla 15. Especies Símbolo, su Distribución, su Estatus, Características como Indicadores en Cuanto a la Salud de los Hábitats

Especies Símbolo, Distribución, Estatus, Características-Indicador				
Nº	Nombre común	Distribución	Status	Características/ Indicador
1	Jaguar	Piso tropical oriental Piso Subtropical oriental Piso Subtropical occidental	Vulnerable	Indica salud de hábitat.
2	Puma	Trópico Noroccidental Trópico Suroccidental Subtrópico Occidental Templado Occidental Alto Andino Templado Oriental Subtrópico Oriental Trópico Oriental	Amenazada	Indica Salud de hábitat
3	Ocelote / tigrillo	Trópico Noroccidental Trópico Suroccidental Trópico Oriental	Amenazado	Salud del hábitat
4	Lobo de páramo	Templado Occidental Alto Andino Templado Oriental	Amenazado	Salud de hábitat

Especies Símbolo, Distribución, Estatus, Características-Indicador				
N°	Nombre común	Distribución	Status	Características/ Indicador
5	Oso de anteojos	Subtrópico Occidental Templado Occidental Alto Andino Templado Oriental Subtrópico Oriental	En peligro	Salud de hábitat
6	Mono Aullador de la Costa	Trópico Noroccidental Trópico Suroccidental Subtrópico Occidental	En peligro	
7	Mono aullador rojo	Templado Oriental Subtrópico Oriental Trópico Oriental	En peligro	
8	Mono araña de vientre amarillo	Subtrópico Oriental Trópico Oriental		
9	Mono araña de cabeza marrón	Trópico Noroccidental Subtrópico Occidental		
10	Delfín rosado de río	Tropical oriental	En peligro	
11	Tapir amazónico	Tropical Oriental Subtropical oriental	En peligro	
12	Tapirus pinchaque	Templado Occidental Alto Andino Templado Oriental Subtrópico Oriental	En peligro	
13	Tapirus bairdii	Tropical Noroccidental Tropical Suroccidental	En peligro	
14	Capibara amazónico	Tropical oriental		
15	Cóndor	Alto-andino	Amenazada	Indicador de Salud de hábitat
16	Curiquingue, Cara-cara	Alto-andino	En peligro	Importancia cultural para los pueblos indígenas de la sierra
17	Zamarrito pechinegro	Templado Subtropical occidental Noroccidente de Quito Estribaciones del Volcán Pichincha	Peligro Crítico de Extinción	Ave símbolo de Quito
18	Colibrí pico espada	Templado, valles interandinos – hasta páramos andinos.	Preocupación menor	Polinización de plantas andinas
19	Tucán del Chocó	Tropical nor- occidental	Preocupación menor	
20	Tucán andino	Piso alto-andino	Casi amenazado	
21	Guacamayo azul amarillo	Tropical oriental, subtropical oriental	Vulnerable	
22	Loro cachetidorado	Tropical oriental Sobtrropical oriental Tropical occidental Subtropical occidental	Vulnerable.	
23	Gallito de la peña	Bosques templados	Preocupación	

Especies Símbolo, Distribución, Estatus, Características-Indicador				
N°	Nombre común	Distribución	Status	Características/Indicador
		en las estribaciones orientales y occidentales de la Cordillera de los Andes.	menor	
24	Pájaro toro, paraguas	Subtropical occidental	En peligro	
25	Anaconda	Tropical oriental	Preocupación menor	
26	Caimán negro amazónico	Tropical oriental	En peligro	
27	Charapa	Tropical oriental	Preocupación menor	
28	Iguana verde	Tropical oriental Subtropical oriental Tropical occidental Subtropical occidental	Preocupación menor	
29	Rana flecha tricolor	Subtropical oriental, estribaciones cordillera de los andes orientales provincia de Bolívar	En peligro	
30	Rana marsupial andina	Alto-andino desde la prov. de Bolívar hasta la prov de Imbabura	En peligro	
31	Rana de cristal	Piso subtropical noroccidental	En peligro	Endémica

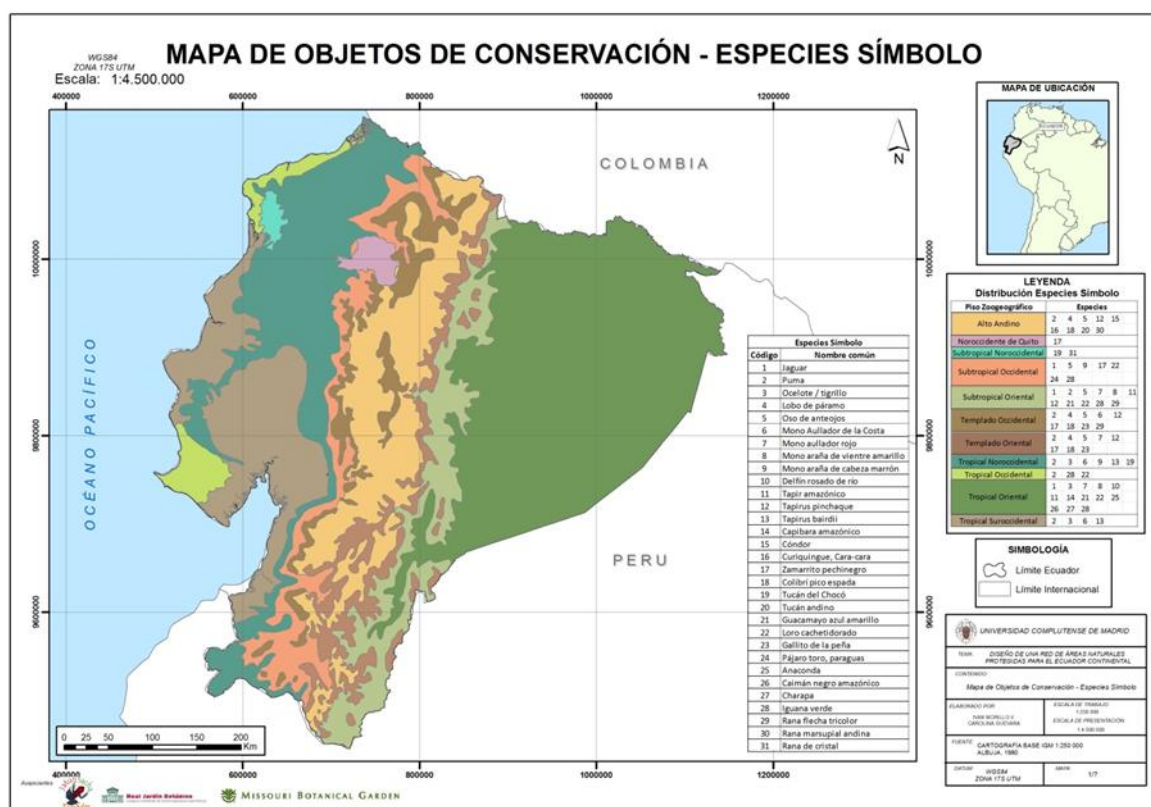
Elaboración: Iván Morillo Villarreal, 2012

Se elaboró una tabla en Excel de las especies símbolo y se las codifico a partir de los 1 para que no se repita con el código de los ecosistemas.

Para localizar las especies símbolo en el shapefile de pisos zoo-geográficos, se procedió a completar en la tabla de atributos con los ID de las especies símbolo.

Una vez localizadas las especies, se realizó un *spatial join* del archivo shp. de especies símbolo con el archivo shp. de pisos zoogeográficos. Obteniendo la siguiente cobertura:

Mapa 14. Cobertura de especies Símbolo como Objetos de Conservación



4.6 Metas de Conservación

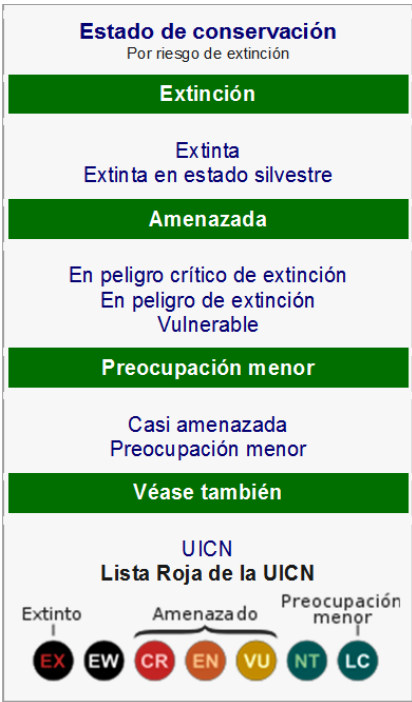
Se Fijaron metas de conservación para los objetos de conservación: Ecosistemas, Vertebrados, especies símbolo, Áreas Naturales Protegidas y los ecosistemas contenidos en ellas, para lo que se consideró su prioridad, su estatus y estabilidad en el tiempo.

Para las variables: Cobertura y área interior del fragmento de bosque (ha) 60%, Índice de Forma, Altitud (msnm), Distancia a ríos (m), Distancia a carreteras principales (m), Distancia a Poblados (m) (poblados 1:50 000), Distancia a campos petroleros (m), Distancia a Oleoductos, Distancia a campos mineros, se fijaron metas cuantitativas.

Para los Vertebrados se estableció como Meta de Conservación: en general el ochenta por ciento ("80%"), considerando principalmente su rol ecológico.

Para las 31 especies símbolo, adicionalmente a las características anteriormente descritas, se consideró a las que se ubican según la categorización de la UICN, como: Vulnerables, Amenazadas, En peligro, Peligro Crítico de Extinción, Preocupación menor, Casi amenazadas, y se procedió a calcular la meta de conservación par las mismas.

Tabla 16. Categorías de Conservación para la fauna de acuerdo a la UICN.



Fuente: UICN. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. (2001)*

Tabla 17. Estatus de Conservación y Metas de Conservación de Fauna.

Estatus de conservación	Peso - %
En peligro crítico de extinción	85
En peligro	85
Vulnerable	80
Amenazado	80
Casi amenazado	80
Preocupación menor	75
Ninguno	75

Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012

Tabla 18. Metas de Conservación de los Ecosistemas en la RED de Áreas Naturales Protegidas

ECOSISTEMA	Meta %
Agua	85
Arbustal deciduo y Herbazal de playas del Litoral	70
Arbustal desértico de tierras bajas del Jama-Zapotillo	65
Arbustal desértico del sur de los Valles	70
Arbustal semideciduo del sur de los Valles	65
Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur	70
Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	70
Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes	70
Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes	80
Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	85
Arbustal siempreverde y Herbazal montano de la cordillera del Cóndor	85
Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	70
Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	70
Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	70
Bosque deciduo montano bajo del Catamayo-Alamor	70
Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor	70
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	85
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	85
Bosque inundable de llanura intermareal del Chocó Ecuatorial	85
Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	85
Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	85
Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial	85
Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	85
Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	70
Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	70
Bosque semideciduo montano bajo del Catamayo-Alamor	65
Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor	65
Bosque semideciduo piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	65
Bosque siempreverde de tierras bajas con bambú de la Amazonía	70
Bosque siempreverde de tierras bajas del Abanico del Pastaza	70
Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	70
Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	70
Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	70
Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre-Pastaza	70
Bosque siempreverde del Páramo	70
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	85
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	65
Bosque siempreverde estacional inundable de llanura aluvial del Jama-Zapotillo	65
Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	70
Bosque siempreverde estacional montano bajo del Catamayo-Alamor	75
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Chocó	75

ECOSISTEMA	Meta %
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	85
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	80
Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor	65
Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	75
Bosque siempreverde montano alto del Catamayo-Alamor	70
Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	80
Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	80
Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Costera del Chocó	85
Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	80
Bosque siempreverde montano bajo de Galeras	85
Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	85
Bosque siempreverde montano bajo del Catamayo-Alamor	70
Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	65
Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	80
Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	85
Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	75
Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	85
Bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor	65
Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	80
Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	75
Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor	85
Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	70
Bosque siempreverde piemontano de Galeras	80
Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	85
Bosque siempreverde piemontano del Catamayo – Alamor	75
Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	85
Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	85
Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas	85
Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	85
Bosque siempreverde sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor en la baja Amazonía ecuatoriana	85
Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles	85
Bosque y Arbustal semideciduo del sur de los Valles	70
Herbazal del Páramo	85
Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	80
Herbazal húmedo subnival del Páramo	75
Herbazal inundable del Páramo	80
Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	85
Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo	85
Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	85
Herbazal inundado lacustre del Pacífico Ecuatorial	80
Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	65
Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	70

ECOSISTEMA	Meta %
Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco	85
Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	70
Manglar del Chocó Ecuatorial	85
Manglar del Jama-Zapotillo	85
Rosetal caulescente y Herbazal del Páramo (frailejones)	85

Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012

4.7 Definición de metas cuantitativas referidas al tamaño mínimo, la conectividad y otros criterios asociados con el diseño de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental

Tabla 19. Porcentaje y Ponderación de las Variables consideradas para la conectividad de la Red

Porcentaje y Ponderación de Variables para la Conectividad de la RED			
VARIABLE	%	Valores	Ponderación
Cobertura y área interior del fragmento de bosque (ha) 60%	60	02-20	5
		20-500	4
		500-5000	3
		5000-10000	2
		>10000	1
Índice de Forma	2	1,0-2,5	1
		2,5-4,0	2
		4,0-5,5	3
		5,5-7,0	4
		7,0-8,5	5
		8,5-10,4	6
Altitud (msnm)	15	0-1000	4
		1000-2000	3
		2000-3000	2
		3000-4000	1
		>4000	5
Distancia a ríos (m)	10	0-50	1
		50-200	2
		200-30000	6
Distancia a carreteras principales (m)	3	0-200	6
		200-500	4
		500-1300	3
		1300-2000	2
		2000-3000	1
Distancia a Poblados (m) (poblados 1:50 000)	2	100 - 250	5
		250 - 500	4
		500 - 1000	3
		1000-5000	2
		5000->	1
Distancia a campos petroleros (m)	3	0 - 50	5
		50 - 100	4
		100 - 500	3
		500 - 1000	2

Porcentaje y Ponderación de Variables para la Conectividad de la RED			
VARIABLE	%	Valores	Ponderación
Distancia a Oleoductos	2	1000 - >	1
		0 - 20	5
		20 - 50	4
		50 - 100	3
		100 - 500	2
		500 - >	1
Distancia a campos mineros	3	0 - 50	5
		50 - 100	4
		100 - 500	3
		500 - 1000	2
		1000 - >	1
	100		

Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012

Tabla 20. Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie en Hectáreas

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
Antisana	120581,00	Herbazal del Páramo	43587	36,15
		Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	31342	25,99
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	19481,8	16,16
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	9959,51	8,26
		Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	9582,08	7,95
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	2880,98	2,39
		Otras áreas	1883,73	1,56
		Intervención	733,701	0,61
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	551,509	0,46
		Agua	351,445	0,29
		Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	135,146	0,11
		Bosque siempreverde del Páramo	92,3801	0,08
Arenillas	17083,90	Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	8620,74	50,46
		Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3536,81	20,70
		Intervención	3031,91	17,75
		Manglar del Jama-Zapotillo	1522,47	8,91
		Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo	216,81	1,27
		Sin información	123,8225	0,72
		Agua	31,3332	0,18
Cajas	29389,40	Herbazal del Páramo	21551,4	73,33
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	4610,8	15,69
		Intervención	1065,8	3,63

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
		Agua	981,159	3,34
		Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	602,133	2,05
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	578,09	1,97
Cayambe Coca	408285,00	Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	104180,00	25,52
		Herbazal del Páramo	82747,20	20,27
		Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	67647,20	16,57
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	66107,30	16,19
		Intervención	29820,70	7,30
		Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	27801,60	6,81
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	21192,20	5,19
		Otras áreas	4226,02	1,04
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	2122,45	0,52
		Agua	1263,37	0,31
		Herbazal inundable del Páramo	552,60	0,14
		Bosque siempreverde del Páramo	479,56	0,12
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	144,68	0,04
Cerro Plateado	26669,00	Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor	10592,10	39,72
		Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	6885,72	25,82
		Arbustal siempreverde y Herbazal montano de la cordillera del Cóndor	3190,21	11,96
		Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	2755,56	10,33
		Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas	1235,26	4,63
		Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	1200,75	4,50
		Sin información	471,53	1,77
		Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	337,86	1,27
Chimborazo	52683,30	Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	16366,40	31,07
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	11067,10	21,01
		Herbazal del Páramo	6246,19	11,86
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	6097,72	11,57
		Herbazal húmedo subnival del Páramo	4162,59	7,90
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	2574,08	4,89
		Intervención	2560,56	4,86
		Otras áreas	2480,11	4,71
		Herbazal inundable del Páramo	765,55	1,45
		Bosque siempreverde del Páramo	363,04	0,69

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
Cofán Bermejo	55026,20	Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	32974,60	59,93
		Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	12000,10	21,81
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	6926,14	12,59
		Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	2669,55	4,85
		Sin información	348,86	0,63
		Intervención	107,00	0,19
Cotacachi Cayapas	232569,00	Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	108131,00	46,49
		Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	50306,00	21,63
		Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	27604,70	11,87
		Herbazal del Páramo	22448,90	9,65
		Intervención	6833,70	2,94
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	6215,62	2,67
		Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	4278,47	1,84
		Sin información	3934,90	1,69
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	1719,39	0,74
		Agua	631,69	0,27
		Otras áreas	457,54	0,20
		Herbazal inundable del Páramo	7,29	0,00
Cotopaxi	32271,70	Herbazal del Páramo	13525,80	41,91
		Otras áreas	11465,50	35,53
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	2827,13	8,76
		Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	1341,76	4,16
		Herbazal húmedo subnival del Páramo	1255,31	3,89
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	913,32	2,83
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	283,36	0,88
		Herbazal inundable del Páramo	281,29	0,87
		Intervención	176,62	0,55
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	160,11	0,50
		Bosque siempreverde del Páramo	22,68	0,07
		Agua	16,92	0,05
		Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	1,88	0,01
Cuyabeno	585236,00	Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	305519,00	52,20
		Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	179931,00	30,75
		Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	40065,80	6,85
		Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras	21610,20	3,69

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
		Amazónicas		
		Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	14054,40	2,40
		Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	10866,50	1,86
		Agua	5598,76	0,96
		Intervención	2765,49	0,47
		Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	2622,69	0,45
		Sin información	1622,16	0,28
		Otras áreas	580,05	0,10
El Ángel	15974,50	Rosetal caulescente y Herbazal del Páramo (frailejones)	14327,40	89,69
		Intervención	942,93	5,90
		Herbazal inundable del Páramo	506,78	3,17
		Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	90,15	0,56
		Agua	62,46	0,39
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	40,83	0,26
		Bosque siempreverde del Páramo	3,96	0,02
El Boliche	385,54	Intervención	241,76	62,71
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	98,51	25,55
		Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	43,05	11,17
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	2,23	0,58
El Cóndor	7904,19	Sin información	5388,66	68,17
		Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	1651,17	20,89
		Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	864,36	10,94
El Pambilar	3108,92	Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	2994,94	96,33
		Sin información	100,02	3,22
		Intervención	13,96	0,45
El Quimi	9026,70	Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor	5383,64	59,64
		Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	3425,07	37,94
		Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	136,09	1,51
		Sin información	69,81	0,77
		Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	10,88	0,12
		Intervención	1,21	0,01
El Zarza	3642,62	Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	3546,00	97,35
		Otras áreas	62,63	1,72
		Intervención	34,00	0,93
Isla Santay	2214,82	Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	1032,80	46,63

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
		Intervención	925,24	41,77
		Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo	193,17	8,72
		Agua	63,61	2,87
Islas Corazón y Fragatas	524,74	Sin información	368,30	70,19
		Manglar del Jama-Zapotillo	156,43	29,81
La Chiquita	811,85	Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	707,60	87,16
		Intervención	104,25	12,84
Limoncocha	3692,51	Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	1269,13	34,37
		Agua	984,21	26,65
		Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	770,38	20,86
		Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	473,78	12,83
		Otras áreas	127,44	3,45
		Intervención	58,89	1,59
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	8,68	0,24
LLanganates	221145,00	Herbazal del Páramo	66005,00	29,85
		Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	63626,40	28,77
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	40127,40	18,15
		Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	30665,10	13,87
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	7306,32	3,30
		Intervención	4482,71	2,03
		Herbazal inundable del Páramo	4161,56	1,88
		Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	2718,84	1,23
		Agua	807,93	0,37
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	717,68	0,32
		Otras áreas	346,59	0,16
		Bosque siempreverde del Páramo	133,65	0,06
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	45,63	0,02
Los Ilinizas	134233,00	Intervención	40252,90	29,99
		Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	34538,90	25,73
		Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	18586,00	13,85
		Herbazal del Páramo	15311,00	11,41
		Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	11497,20	8,57
		Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	8573,14	6,39
		Otras áreas	1804,23	1,34
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	1759,32	1,31
		Herbazal húmedo subnival del Páramo	971,91	0,72

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
		Sin información	390,58	0,29
		Agua	309,60	0,23
		Bosque siempreverde del Páramo	211,50	0,16
		Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	27,00	0,02
Los Samanes	602,06	Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	315,46	52,40
		Intervención	285,74	47,46
		Agua	0,86	0,14
Machalilla	48216,80	Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	12557,40	26,04
		Sin información	7389,63	15,33
		Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	6191,13	12,84
		Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	5333,15	11,06
		Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	3901,58	8,09
		Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3473,56	7,20
		Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3169,07	6,57
		Intervención	2772,16	5,75
		Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	1766,87	3,66
		Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	1311,41	2,72
		Agua	175,66	0,36
		Otras áreas	170,46	0,35
		Arbustal deciduo y Herbazal de playas del Litoral	4,77	0,01
Mache Chindul	119993,00	Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Chocó	39724,20	33,11
		Intervención	39713,30	33,10
		Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	25063,40	20,89
		Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Costera del Chocó	15203,70	12,67
		Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	196,77	0,16
		Agua	50,13	0,04
		Manglar del Chocó Ecuatorial	19,19	0,02
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	17,72	0,01
		Sin información	4,99	0,00
Manglares Cayapas Mataje	56420,10	Manglar del Chocó Ecuatorial	19311,80	34,23
		Agua	14169,80	25,11
		Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial	7517,00	13,32
		Intervención	5840,39	10,35
			4779,25	8,47
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	4483,47	7,95

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
Manglares Churute	50070,10	Otras áreas	280,08	0,50
		Bosque inundable de llanura intermareal del Chocó Ecuatorial	38,27	0,07
		Manglar del Jama-Zapotillo	28323,30	56,57
		Intervención	9637,77	19,25
		Agua	5847,58	11,68
		Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	2763,26	5,52
		Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	1185,06	2,37
		Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	754,29	1,51
		Herbazal inundado lacustre del Pacífico Ecuatorial	715,05	1,43
		Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	629,76	1,26
		Sin información	214,02	0,43
Manglares El Morro	11806,80	Sin información	9280,04	78,60
		Agua	1463,04	12,39
		Manglar del Jama-Zapotillo	944,62	8,00
		Intervención	115,55	0,98
		Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3,57	0,03
Manglares El Salado	9650,65	Manglar del Jama-Zapotillo	7640,67	79,17
		Agua	1574,10	16,31
		Intervención	419,72	4,35
		Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	16,16	0,17
Manglares Estuario del Río Esmeraldas	3173,29	Intervención	1853,31	58,40
		Manglar del Chocó Ecuatorial	1130,11	35,61
		Manglar del Chocó Ecuatorial	131,66	4,15
		Sin información	111,75	3,52
		Agua	59,28	1,87
		Agua	54,26	1,71
		Intervención	51,65	1,63
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	18,83	0,59
		Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	5,04	0,16
Pacocha	13630,00	Sin información	8585,78	69,29
		Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	2816,78	22,73
		Intervención	1115,47	9,00
		Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	1084,76	8,75
		Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	27,24	0,22
Parque Lago	2148,88	Agua	1423,29	66,23
		Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	367,29	17,09

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
Pasochoa	619,36	Intervención	272,76	12,69
		Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	85,53	3,98
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	454,32	73,35
		Intervención	115,59	18,66
		Herbazal del Páramo	49,46	7,99
Podocarpus	138493,00	Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	46970,50	33,92
		Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	19055,40	13,76
		Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	17727,80	12,80
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	16481,60	11,90
		Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	13568,20	9,80
		Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	7025,58	5,07
		Arbustal siempreverde y Herbazal montano de la cordillera del Cóndor	5724,20	4,13
		Intervención	4016,67	2,90
		Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	2841,73	2,05
		Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	2677,81	1,93
		Sin información	1164,31	0,84
		Herbazal del Páramo	755,68	0,55
		Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur	202,69	0,15
		Herbazal inundable del Páramo	137,79	0,10
		Agua	129,51	0,09
		Otras áreas	13,05	0,01
Pululahua	3441,79	Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	2667,40	77,50
		Intervención	527,27	15,32
		Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	237,15	6,89
		Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles	9,97	0,29
Sangay	486613,00	Herbazal del Páramo	123632,00	25,41
		Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	75637,80	15,54
		Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	49133,30	10,10
		Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	44559,90	9,16
		Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	44513,40	9,15
		Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	35024,30	7,20
		Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	23732,70	4,88
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	22211,60	4,56
		Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	19516,40	4,01

Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
		Intervención	18667,40	3,84
		Otras áreas	12038,80	2,47
		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	5038,48	1,04
		Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes	4424,79	0,91
		Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	3077,74	0,63
		Agua	2956,81	0,61
		Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	1736,82	0,36
		Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	366,15	0,08
		Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	140,38	0,03
		Herbazal inundable del Páramo	87,12	0,02
		Bosque siempreverde del Páramo	56,92	0,01
		Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	37,86	0,01
		Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	21,87	0,00
Sumaco Napo- Galeras	206162,00	Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	83122,30	40,32
		Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	63170,30	30,64
		Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	46276,60	22,45
		Bosque siempreverde piemontano de Galeras	7326,47	3,55
		Bosque siempreverde montano bajo de Galeras	2781,99	1,35
		Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	1128,42	0,55
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	886,69	0,43
		Intervención	854,01	0,41
		Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco	393,03	0,19
		Agua	190,31	0,09
		Otras áreas	31,65	0,02
Yacuri	43093,60	Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	23411,10	54,33
		Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	7566,81	17,56
		Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	5443,86	12,63
		Sin información	4177,32	9,69
		Bosque siempreverde montano alto del Catamayo-Alamor	1414,13	3,28
		Bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor	561,61	1,30
		Intervención	416,21	0,97
		Agua	49,31	0,11
		Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes	20,10	0,05
		Bosque siempreverde montano bajo del Sur de	17,79	0,04

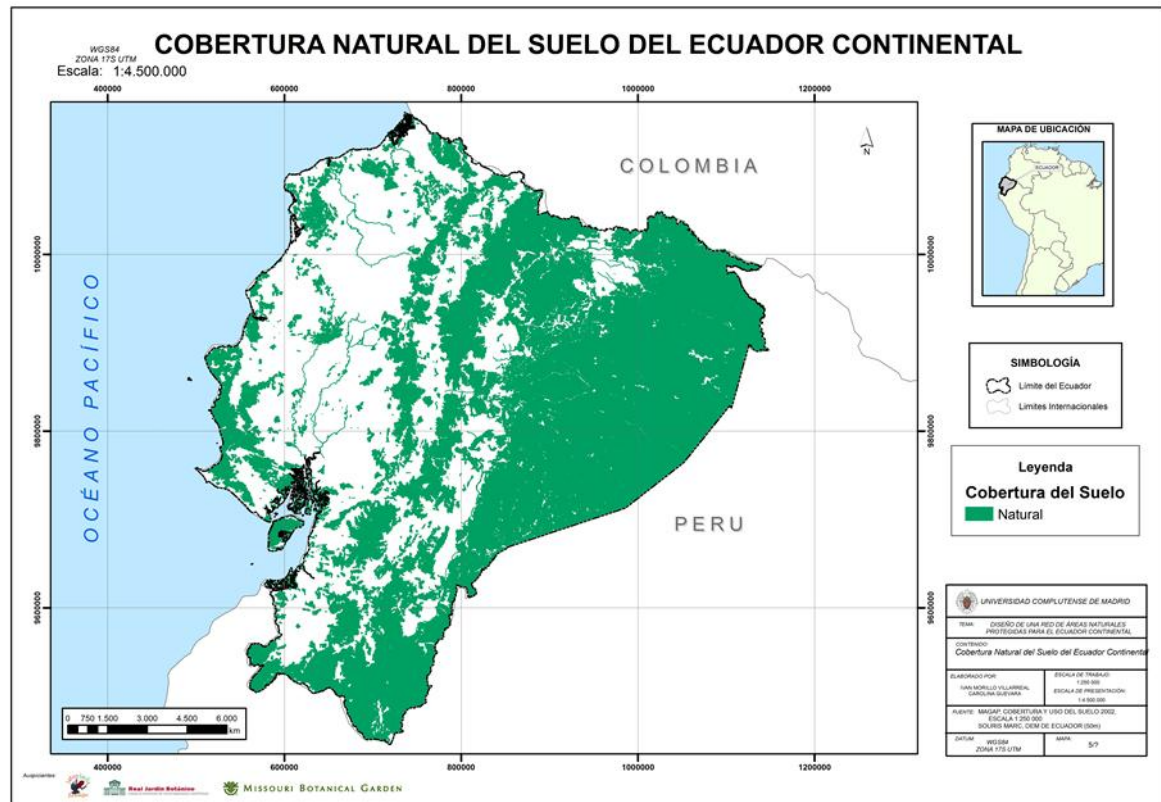
Representatividad de los Ecosistemas dentro de Áreas Naturales Protegidas por Superficie				
NOMBRE	HA	ECOSISTEMA	Hectáreas	Porcentaje
Yasuní	1.030.070	la Cordillera Oriental de los Andes		
		Otras áreas	7,54	0,02
		Herbazal del Páramo	4,75	0,01
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	483898,00	46,98
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre-Pastaza	285454,00	27,71
		Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	125527,00	12,19
		Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	66161,80	6,42
		Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	44001,60	4,27
		Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	10201,60	0,99
		Agua	8195,08	0,80
		Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	4152,51	0,40
		Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	1290,71	0,13
		Intervención	1047,66	0,10
		Sin información	94,75	0,01
		Otras áreas	23,99	0,00
		Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	21,69	0,00

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador - Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012

4.8 Análisis Multicriterio para Parches o Núcleos Prioritarios de Conservación

Usando la cobertura del SINAGAP, se extrajo toda la información clasificada como cobertura natural. Como se ha indicado anteriormente, por cuanto el proyecto tiene envergadura a nivel nacional, con una superficie de 256.000 Km² no se tomaron en cuenta los parches menores a 25ha.

Mapa 15. Cobertura Natural (Bosques Naturales) del Ecuador Continental



4.8.1 Cálculo del Índice de forma

Badii, M. H. y J. Landeros, en un estudio publicado en el International Journal of Good Conscience. 2(1): 26-38. Octubre 2006 – Marzo 2007, sobre Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad (Measurement of the landscape fragmentation and its relation with sustainability) utilizaron la siguiente definición y fórmula para calcular el Índice de Forma.

Índice de forma. SHAPE, equivale al perímetro del fragmento (p_{ij} , en m), dividido por la raíz cuadrada del área del fragmento (a_{ij} , en m^2); puede ajustarse por medio de una constante para el estándar circular (Vector) o el estándar cuadrado (Raster):

Vector

$$SHAPE = \frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}}$$

Raster

$$SHAPE = \frac{0,25 \cdot p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$$

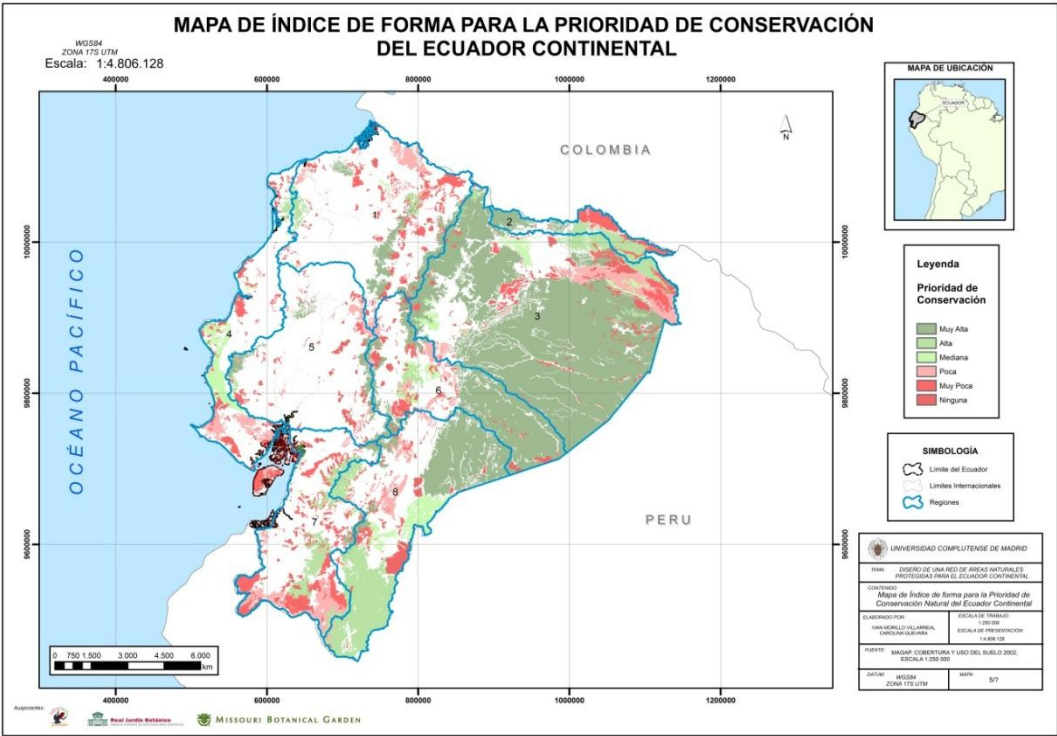
Formula usada dentro de "Field Calculator" en la Tabla de Atributos de ArcGIS para calcular el Índice de Forma:

$$[perim] / (2 * Sqr(3.14159265359 * [aream]))$$

Se transformó a la cobertura en formato GRID (raster) de ESRI, para poder proceder con el Análisis Multicriterio con el valor del índice de forma como referencia.

Posteriormente se usó la herramienta Reclassify de Spatial Analyst para reclasificar a la cobertura de acuerdo a la Tabla. 7 obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 16. Índice de Forma Para Establecer La Prioridad de Conservación de la Red de Áreas Naturales en el Ecuador Continental



Altitud. Del modelo digital de terreno de Marc Souris se usó la herramienta Reclassify de Spatial Analyst para reclasificar a la cobertura, considerando la variable altitud, de acuerdo a la Tabla. 7 obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 17. Influencia de la Altitud En La Cobertura Vegetal del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación



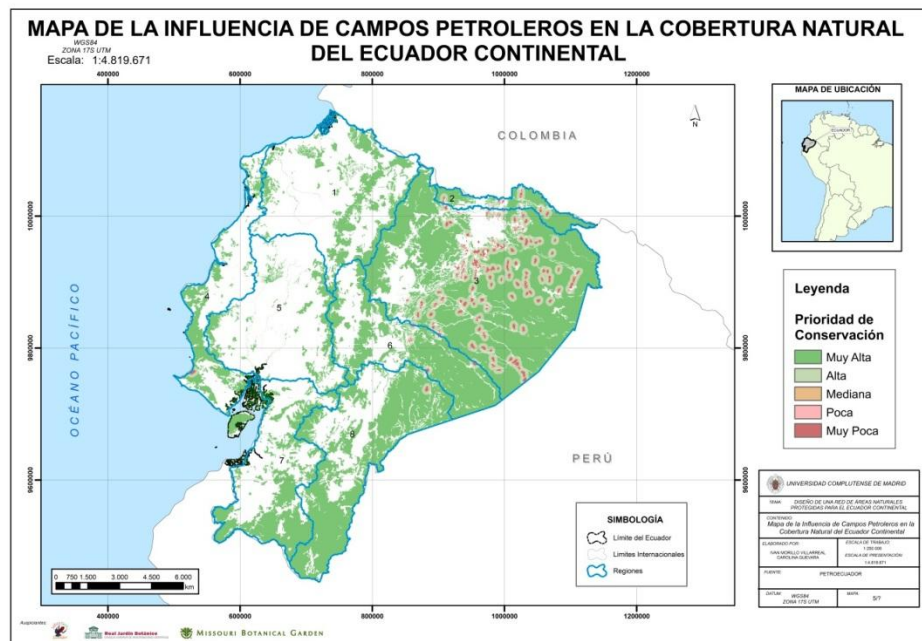
Vías Principales. De la cobertura “Red Vial Estatal” del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), se realizó la Distancia Euclidean de la extensión Spatial Analyst. Se reclasificó según la Tabla. 7 obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 18. Influencia de las Vías Sobre la Cobertura Natural del Suelo Del Ecuador Continental, para Establecer la Prioridad de Conservación



Campos petroleros. Se calculó la Distancia Euclidean con la extensión Spatial Analyst. Se reclasificó según la Tabla. 7 obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 19. Influencia de los Campos Petroleros sobre la Cobertura Natural del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación



Ríos. Usando el mapa de las Cuencas Hidrográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), se realizó el cálculo de la Distancia Euclidean de los ríos, y se reclasificó de acuerdo a la Tabla. 7.

MAPA DE INFLUENCIA DE LOS RÍOS EN LA COBERTURA NATURAL DEL ECUADOR CONTINENTAL

WGS84
ZONA 17S UTM
Escala: 1:4.819.671

COLOMBIA

OCEANO PACÍFICO

PERÚ

MAPA DE UBICACIÓN

Legenda

Prioridad de Conservación

- Muy Alta
- Mediana
- Poca

SIMBOLOGÍA

- Limite del Ecuador
- Limites Internacionales
- Regiones

METADATOS

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

TEMA: ZONAS DE ALTA MEDIANA Y BAJA PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN EN EL ECUADOR CONTINENTAL

OTROS DATOS: Mapa de la influencia de los ríos en la cobertura natural del Ecuador Continental

ELABORACIÓN: J. A. GARCÍA

REVISIÓN: J. A. GARCÍA

FECHA DE ELABORACIÓN: 2010

FECHA DE REVISIÓN: 2010

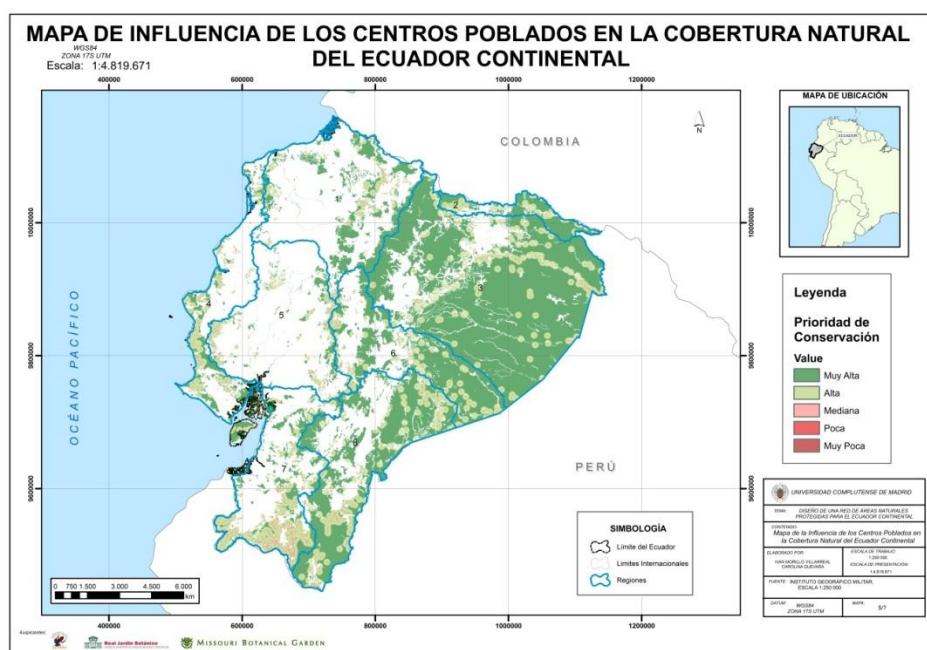
PROYECTO: INICIATIVA DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

ESCALA: 1:4.819.671

FECHA: 2010

AUTOR: J. A. GARCÍA

Mapa 21. Influencia de los Centros Poblados Sobre la Cobertura Natural del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación



119

MAPA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO EN LA COBERTURA NATURAL DEL ECUADOR CONTINENTAL

WGS84
ZONA 17S UTM
Escala: 1:4,813,749

COLOMBIA

PERÚ

OCEANO PACÍFICO

MAPA DE UBICACIÓN

Leyenda

Prioridad de Conservación

- Muy Alta
- Alta
- Mediana
- Poca
- Muy Poca

SIMBOLOGÍA

- Limite del Ecuador
- Limites Internacionales
- Regiones

0 200 400 600 km

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

ÁREA: COLEGIO DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES
PROFESORADO PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

OBJETIVO:
Mapa de la influencia del Oleoducto en la Cobertura
Natural del Ecuador Continental

ELABORADO POR: ESCALA DE TRAZADO:
UNA RED DE ÁREAS NATURALES
CONSERVACIÓN

ESCALA DE IDENTIFICACIÓN:
1:250,000

FECHA: 15 DE AGOSTO DE 2000

ESCALA: 1:250,000

WGS84
ZONA 17S UTM

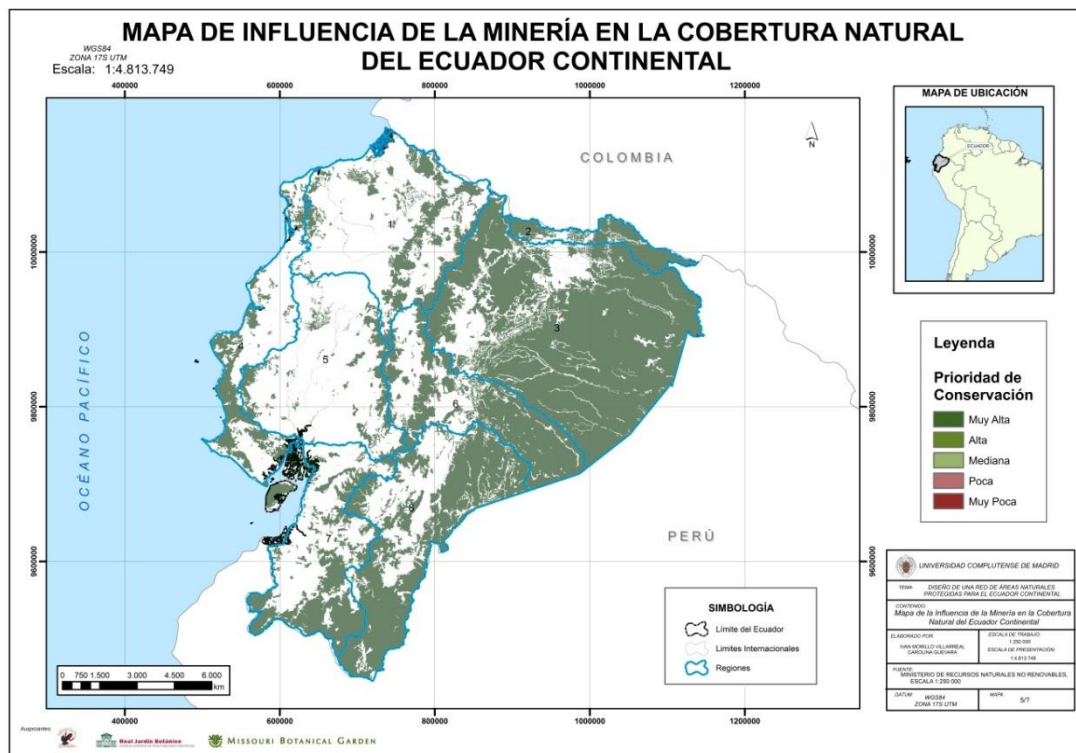
571

Asesorado por:

Real Jardín Botánico

MISSOURI BOTANICAL GARDEN

Mapa 23. Influencia de los Campos Mineros en la Cobertura Natural Del Ecuador Continental, Para Establecer la Prioridad de Conservación



4.8.2 Álgebra De Mapas

Una vez obtenidas las coberturas raster clasificadas de cada parámetro se procedió a usar la herramienta RASTER CALCULATOR dentro de la extensión SPATIAL ANALYST con la siguiente ecuación:

$$("emc_cober" * 0.6) + ("indice_forma" * 0.03) + ("emc_altura" * 0.15) + ("emc_rios1" * 0.04) + ("emc_vias" * 0.04) + ("emc_poblados" * 0.04) + ("emc_campop.tif" * 0.04) + ("emc_oleo" * 0.03) + ("emc_miner" * 0.03)$$

Se procede a desarrollar la formula indicada y esto equivale a la siguiente formulación de forma sintética: (Raster*ponderación); la ponderación corresponde a la establecida en la Tabla. 7.

Obteniendo el siguiente resultado

Mapa 24. Resultado del Análisis Multicriterio Para Establecer Los Parches Prioritarios de Conservación del Ecuador Continental



De acuerdo al análisis Multicriterio se confirma que los parches con mayor prioridad de conservación se encuentran en las estribaciones de la cordillera de los Andes principalmente orientales y también en los occidentales, así como en las riberas de los ríos donde no existe mayor intervención antrópica. La Amazonía en general tiene alta prioridad de conservación, parte de la sierra sur y la costa de Manabí sur y Santa Elena. Los parches de Bosque que se encuentran en lugares cercanos a factores antrópicos tienen menor prioridad de conservación.

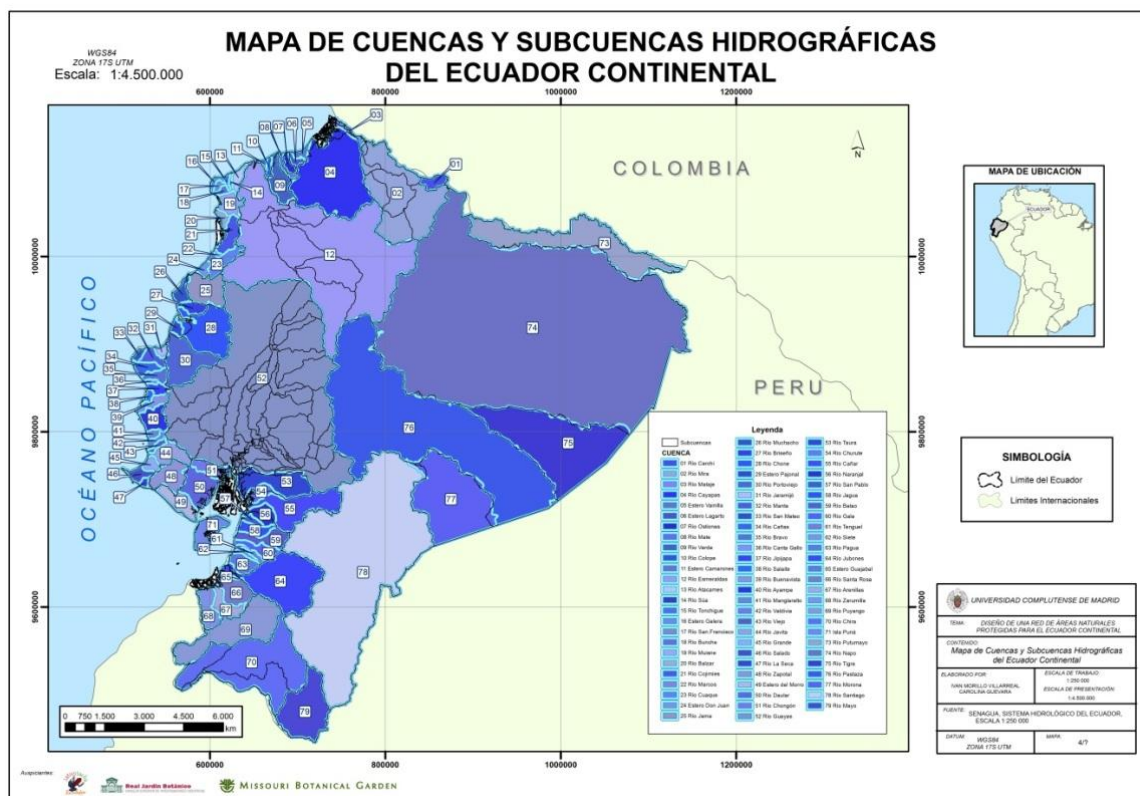
4.9 Selección de Áreas de Conservación Adicionales por Regiones, considerando las Cuencas Hidrográficas

Se crearon regiones a partir de las Subcuencas hidrográficas para diseñar una red dentro de cada cuenca y posteriormente unir las a la red nacional.

Para la regionalización de las cuencas hidrográficas se trabajó con la información de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA, 2011) escala 1: 250.000. Esta es la información oficial a mayor detalle que se tiene, dividiendo a las cuencas en 4 niveles desde las grandes cuencas, no se trabajó con las grandes cuencas debido a que MARXAN solo trabaja hasta con 30.000 Unidades de Planificación y solamente una de estas regiones cumplía con el número de Unidades de Planificación el resto era mucho mayor.

Esta cobertura del SENAGUA, se la clasificó en el nivel 4 primeramente y se unió ciertas cuencas más pequeñas con las adyacentes siguiendo la lógica de una cuenca hidrográfica y se dividieron aquellas que estaban demasiado grandes (Amazonía) hasta que lleguen al máximo requerido por MARXAN. Obteniendo como resultado 24 regiones como se observa a continuación:

Mapa 25. Mapa Base De Cuencas y Subcuencas Hidrográficas del Ecuador Continental



WGS84
ZONA 17S UTM
Escala: 1:4.500.000

MAPA DE REGIONES

COLOMBIA

PERU

OCEANO PACIFICO

Altura
Max : 6277
Min : 0

Ríos

Límite Regiones

Límite Ecuador

Límite Internacional

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

IPHA: DISEÑO DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

CONTENIDO

Mapa de Regiones

ELABORADO POR: ADRIÁN MATELLÁN / CARLOS RIVERA GUTIÉRREZ

ESTADÍSTICA DE TENDENCIA: 1.350.000 / ESCALA DE REPRESENTACIÓN: 1:4.500.000

FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE IGN 1:250.000 / DR. MARC ROQUES (IGEP ECUADOR) (IGN)

DATA: WGS84 / ZONA 17S UTM

HOJA: 1/1

Asociación:

Real Jardín Botánico

MISSOURI BOTANICAL GARDEN

MAPA DE SUBREGIONES

WGS84
ZONA 17S UTM
Escala: 1:4.500.000

400000 600000 800000 1000000 1200000

1000000
900000
800000
700000
600000
500000
400000

OCEANO PACIFICO

COLOMBIA

PERU

0 25 50 100 150 200 Km

MAPA DE UBICACION

SIMBOLOGIA

Altura
Max : 6277
Min : 0

Rios
Limite Subregiones
Limite Ecuador
Limite Internacional

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

TITULO: DISEÑO DE UNA RED DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

CONTENIDO: Mapa de Subregiones

ELABORADO POR: NANCY RECHELLE CARVALLO DIAZ-ANDRADE

ESCALA DE FORMAS: 1:200.000
ESCALA DE REPRESENTACION: 1:4.500.000

FUENTES: CARTOGRAFIA BASE IGN 1:250.000
IGN FRANCISCO DE SAIZ DE CALZADILLA (2001)

FORMATO: A4
ZONA 17S UTM

1/1

MISSOURI BOTANICAL GARDEN

Una vez que se ha desarrollado todo el procedimiento anterior, se crearon 5 archivos para cada región de cuenca que son necesarios para correr el algoritmo de MARXAN:

- Archivo de parámetros de entrada (se crea al final cuando ya se tienen todos los parámetros)
- Archivo de unidades de planificación
- Archivo unidades de planificación vs objetos de conservación
- Archivo objetos de conservación
- Archivo de longitud de frontera.

4.10 Archivo De Unidades De Planificación

El **Archivo de Unidades de Planificación** contiene toda la información relacionada con las unidades de planificación, excepto la referente a la distribución de los objetos de conservación en las unidades de planificación (que se encuentra en el **Archivo de Unidades de Planificación versus Objetos de conservación**). El nombre predeterminado para este archivo es 'pu.dat'. El **Archivo de Unidad de Planificación** puede contener hasta cinco variables, aunque sólo una de ellas es obligatoria ('id')⁸². Para este caso se incluyeron las variables STATUS y COSTO.

Para crear el archivo de unidades de planificación se requirió seguir varios procesos:

Se creó una grilla de 25 Has en forma de hexágonos de todo el país:

Gráfico 5. Ejemplo de Grilla utilizada que representa una superficie de 25 Has, en forma de hexágonos, cobertura a nivel nacional



Para cada región que compartía características como “área protegida” se las unió para que tengan una sola codificación o ID.

4.11 Identificación de la Unidad de Planificación

Variable – ‘id’

Requerido: Si

⁸² Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

- **Descripción:** Un identificador numérico único para cada unidad de planificación. Los valores para la variable 'id' pueden ser cualquier número (ej. no se requiere comenzar con el número 1 pero no pueden incluir espacios, letras o signos de puntuación). Existe un límite máximo de 20.000 a 30.000 en cuanto a la cantidad de unidades de planificación con las que la versión básica de Marxan puede operar⁸³.

Para la codificación de las unidades de planificación de este estudio se utilizó la siguiente nomenclatura: (Las x significan un número. Cada unidad tiene un número propio)

- Áreas protegidas: 9 xxx xxx
- Bosques protectores: 8 xxx xxx
- Zonas intangibles: 7 xxx xxx
- Parches prioritarios de conservación (muy alta): 6 xxx xxx
- Parches prioritarios de conservación (alta): 5 xxx xxx

Se usó los millones debido a que existían inicialmente alrededor de 750.000 UP

Todas las Unidades de Planificación que no estaban dentro de ninguna de las anteriores categorías se las numero desde 1.

A través de este proceso se establecieron un total de **421.321** Unidades de Planificación **UP**, para todo el Ecuador continental con las cuales se trabajó.

4.11.1 Costo de las Unidades de Planificación

Variable – 'cost'

Requerido: No

- **Descripción:** Expresa el costo de incluir cada unidad de planificación en el sistema de reservas. El valor ingresado para esta variable será la cantidad adicionada a la función objetivo cuando esa unidad de planificación se incluya en el sistema de reservas. El costo de la unidad de planificación puede basarse en cualquier medida. Es una variable con la que se debe tener sumo cuidado ya que puede tener una gran influencia en las soluciones generadas por Marxan⁸⁴.

Para efectos de este estudio se utilizó como costo a la dificultad de desplazamiento de las especies siguiendo el siguiente proceso:

⁸³ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

⁸⁴ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

4.12 Metodología para obtener el costo de desplazamiento de las especies en la Red de Áreas Naturales Protegidas

Las variables que representaron el criterio de “a mayor calidad de hábitat menor dificultad al desplazamiento y por lo tanto mayor prioridad para la conservación” fueron:

***Resolución del raster = 50m**

Cobertura: En el Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, Escala 1: 250 000, proporcionado por el Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería y Pesca (SINAGAP), se incluyó la Ponderación y la Prioridad en base al Área (Ha.) para poder establecer dichos criterios en la Evaluación Multicriterio, según la siguiente tabla.

Variable	Rango(Ha.)	Ponderación	Prioridad
Cobertura natural (ha)	1-20	5	Muy baja
	20.01-500	4	Baja
	500.01-5000	3	Media
	5000.01-10000	2	Alta
	>10000.01	1	Muy alta

Para la cobertura antrópica se la pondero como 5, debido a que es de menor prioridad de conservación. A lo que se denominó mixto se le aplico la misma tabla pero multiplicándole el factor según el porcentaje de cobertura antrópica que tiene el parche.

Ejemplo:

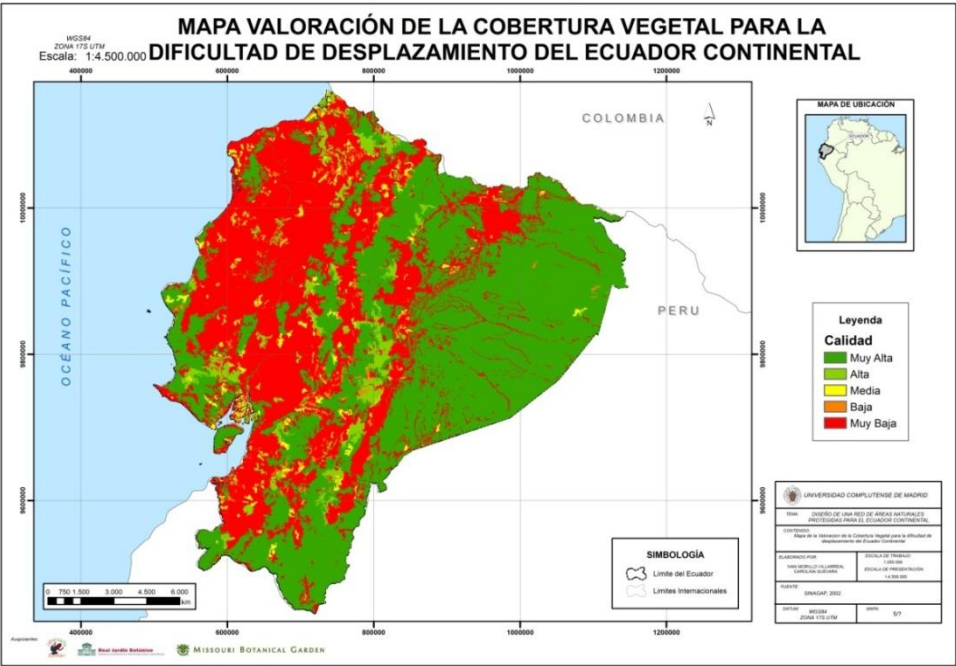
Bosque 70% y cultivos 30% con una extensión de 600 ha

$$3 \times 1.3\% = 3.9$$

Entonces la ponderación de este parche sería 4 (inmediato superior)

Este sería el resultado de la ponderación según la cobertura vegetal

Mapa 28. Valoración de la Cobertura vegetal con respecto a la dificultad de desplazamiento de las especies del Ecuador Continental



Distancia a ríos: Se realiza el cálculo de la Distancia Euclidiana (*euclidean distance*) de la cobertura de ríos. Y posteriormente se le reclasifica según la tabla.

Variable	Rango (m.)	Ponderación	Prioridad
Distancia a ríos (m)	0-50	1	Alta
	50-200	2	Media
	200+	6	Baja

Elaboración; Iván Morillo Villarreal 2012.

Mapa 29. Valoración de Distancia a Ríos Para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental



Las variables que representaron el criterio de “a menores amenazas menor dificultad al desplazamiento por lo tanto mayor prioridad” fueron:

Distancia de vías:

Se realiza el cálculo de la Distancia Euclidiana, para la cobertura de vías principales. Y posteriormente se le reclasifica según la tabla.

Variable	Rango (m.)	Ponderación	Prioridad
Distancia a carreteras principales (m)	0-200	6	Muy Baja
	200-500	4	Baja
	500-1300	3	Media
	1300-2000	2	Alta
	2000+	1	Muy Alta

Elaboración; Iván Morillo Villarreal 2012.

Mapa 30. Valoración de Distancia a Ríos para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental



Distancia a centros poblados

Se realiza el cálculo de la Distancia Euclidiana de la cobertura de poblados de Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:50000. Y posteriormente se le reclasifica según la tabla.

Variable	Rango (m.)	Ponderación	Prioridad
Distancia a Poblados (m) (poblados 1:50 000)	100 - 250	5	Muy Baja
	250 - 500	4	Baja
	500 - 1000	3	Media
	1000-5000	2	Alta
	>5000	1	Muy Alta

Elaboración; Iván Morillo Villarreal 2012.

Mapa 31. Valoración de la Distancia a Poblados Para Establecer La Dificultad de Desplazamiento de las Especies En Ecuador Continental



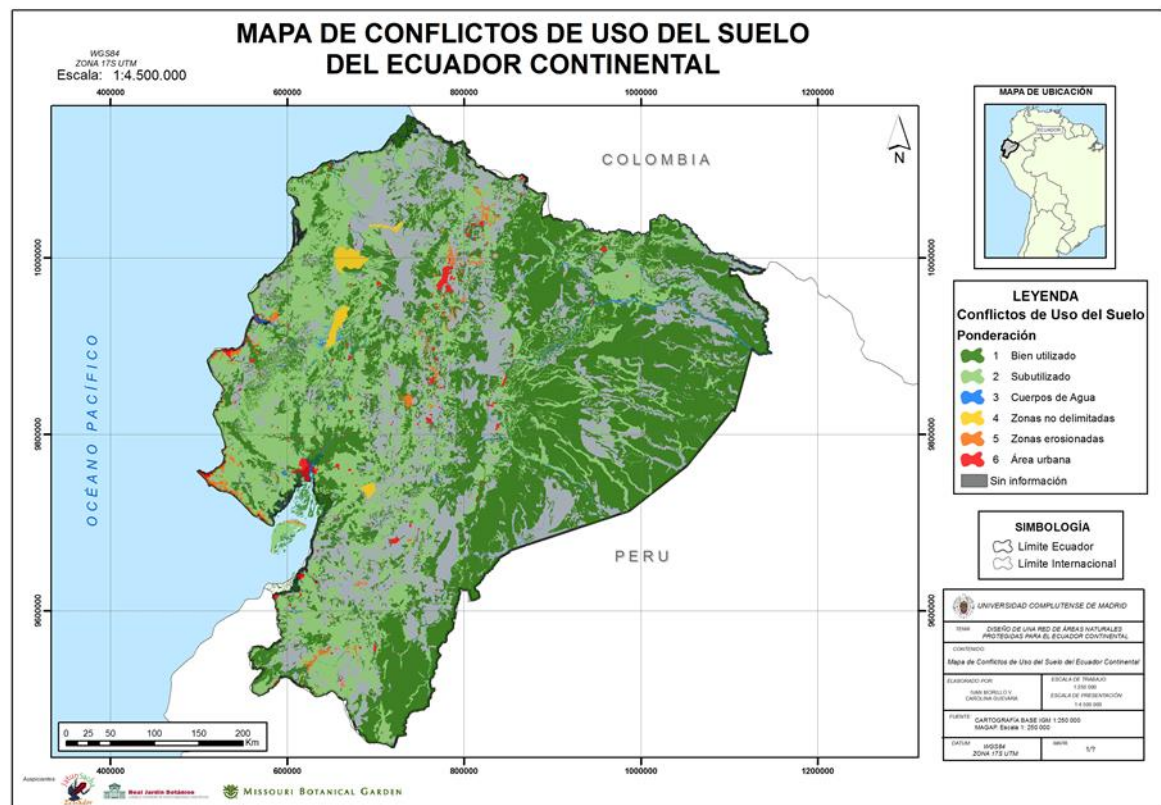
4.13 Uso Adecuado y Conflictos de Uso de la Tierra

Para este proceso, se utilizó el Mapa de Uso Adecuado y Conflictos de Uso de la Tierra del Ecuador Continental, Escala 1: 250.000, proporcionado por Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP). Para el presente análisis se excluyó los conflictos de sobre-utilización y nieve, se incluyó la Ponderación y la Prioridad en base al Tipo de conflicto (bien utilizado, subutilizado, cuerpos de agua, zonas no delimitadas, zonas erosionadas y áreas urbanas) para poder establecer dichos criterios en la Evaluación Multicriterio, según la siguiente tabla:

Variable	Conflicto	Ponderación	Prioridad
Conflictos de Uso del Suelo	Bien Utilizado	1	Muy Alta
	Subutilizado	2	Muy Alta
	Cuerpos de agua	3	Alta
	Zonas no delimitadas	4	Media
	Zonas erosionadas	5	Baja
	Áreas urbanas	6	Muy Baja

Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012.

Mapa 32. Conflictos de Uso de Suelo en Ecuador Continental



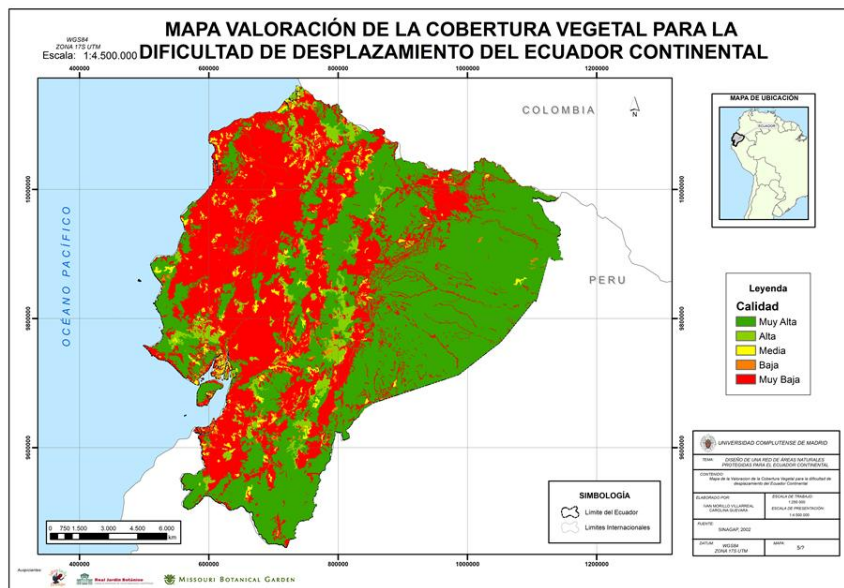
Se convierte de vector a raster y se procede a reclasificar según la tabla anterior, para posteriormente poder trabajar en la EMC (Evaluación Multicriterio)

Algebra de mapas:

Dificultad de Desplazamiento

“A mayor calidad de hábitat menor dificultad al desplazamiento y por lo tanto mayor prioridad para la conservación”.

Mapa 33. Valoración de la Cobertura Vegetal Para Establecer la Dificultad de Desplazamiento de Las Especies En Ecuador Continental



Una vez obtenidas las coberturas raster clasificadas de cada variable, a través de la herramienta **raster calculator** utilizando la siguiente ecuación:

("cobertura") + ("rios_re2")

Obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 34. Valoración de la Calidad del Paisaje Para Establecer la Dificultad de Desplazamiento de Las Especies En Ecuador Continental



"A menores amenazas menor dificultad al desplazamiento por lo tanto mayor prioridad"

Una vez obtenidas las coberturas raster clasificadas de cada variable, a través de la herramienta **raster calculator** utilizando la siguiente ecuación:

("vias_re") + ("pobla_re") + ("conflictos_r")

Obteniendo el siguiente resultado:

Mapa 35. Valoración de las Amenazas Para la Dificultad de Desplazamiento de las Especies en Ecuador Continental.



Finalmente, para obtener el resultado final sobre dificultad de desplazamiento, a través de la herramienta **raster calculator** utilizando la siguiente ecuación:

$$("cobertura" * 0.6) + ("rios_re2" * 0.15) + ("vias_re" * 0.10) + ("pobla_re" * 0.10) + ("conflictos_r" * 0.05).$$

Obteniendo el siguiente resultado:

Con la cobertura en formato raster del costo de desplazamiento se reclasifico usando la escala el menor costo de desplazamiento y 5 mayor costo.

[illegible]

Como resultado del análisis multicriterio para evaluar el costo de desplazamiento de las especies se obtuvo que las áreas con mayor facilidad de desplazamiento son las riberas de los ríos, en especial cuando estos están dentro de áreas con cobertura natural. En el mapa del resultado se puede ver una correlación entre los ríos y la cobertura natural, siendo estos las áreas idóneas para el desplazamiento de especies. Cuando se agrega factores como la viabilidad, el costo de desplazamiento aumenta. Las regiones con mayor concentración de áreas idóneas para el desplazamiento son la amazonia, parte de las estribaciones de las cordilleras, la sierra sur y la costa de Manabí sur y santa Elena con la presencia de la cordillera Chongón Colonche. Se pueden observar pequeños parches en Esmeraldas que corresponden a las áreas de la REMACH, San Lorenzo y Cotacachi Cayapas. Las áreas con mayor intervención se encuentran en la costa, con mayor concentración de las vías y mayor intervención en la cobertura del suelo.

4.15 Condición de la Unidad de Planificación

- 134

Tabla 21. Valores de Unidad de Planificación

Estatus	Significado
0	No hay garantía de que la UP se encuentre en el sistema de reservas inicial (o semilla), sin embargo, pudiera suceder. La posibilidad de ser incluida en el sistema de reservas inicial está determinada por la “proporción de inicio” especificada en el Archivo de entrada de Parámetros.
1	La UP será incluida en el sistema inicial de reserva pero puede o no estar incluida en la solución definitiva.
2	La UP se fija fuera del sistema de reservas (“pre-incluida”). Comienza en el sistema inicial de reserva y no puede ser eliminada.
3	La UP se fija fuera del sistema de reservas (“pre-excluida”). No se incluye en el sistema de reservas inicial y no puede ser adicionada.

Tomado de MARXAN⁸⁵.

Usando la función “select by location” se procedió a codificar el status de cada unidad de planificación:

0= lo que no pertenece a ninguno de los siguientes.

1= PARCHES prioritarios de conservación, áreas aledañas a los ríos

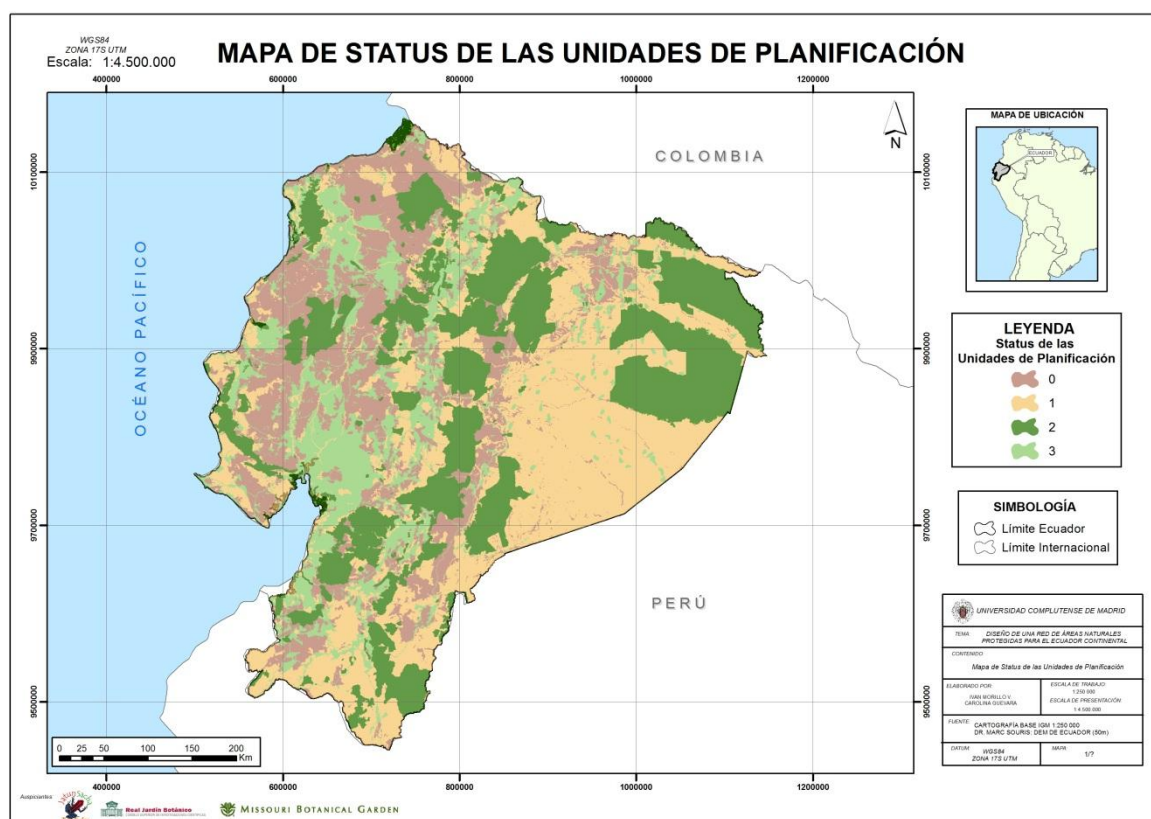
2= ap, bosques, zonas intangibles

3= centros urbanos, campos petroleros, oleoductos, carretera principal, campos mineros.

Para la clasificación fue importante que se haga en el orden 2, 3, 1, 0 para que no haya conflictos en el status que se les da las unidades de planificación.

⁸⁵ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

Mapa 37. Status de la Unidades de Planificación



4.16 Aplicación Metodología MARXAN

4.16.1 Objetos De Conservación - Ecosistemas

El Archivo de Objetos de Conservación contiene información sobre cada uno de los objetos de conservación que están siendo analizados; como: sus nombres, presentación de la meta y la penalidad si no se cumple con la representación de la meta. Su nombre predeterminado es 'spec.dat'.

Uno de los archivos de objetos de conservación contiene los 90 ecosistemas registrados en el Ecuador continental, para lo que se utilizó el Mapa de Ecosistemas del Ecuador, 2013, elaborado por el Ministerio del Ambiente.

Adicionalmente para el presente estudio se eliminó las variables de intervenido y sin información. Se elaboró una tabla en Excel con todos los datos requeridos de los ecosistemas para obtener el archivo de objetos de conservación, la tabla contiene la siguiente información:

ID del Objeto de Conservación (id)

Es un identificador numérico único para cada objeto de conservación. Para la codificación de los objetos de conservación, las x significan un número, y cada objeto tiene un número propio, por ejemplo:

Objeto De Conservación	id
Agua	1xxx
Arbustal	2xxx
Bosque	3xxx
Herbazal	4xxx
Manglar	5xxx
Rosetal	6xxx

Elaboración: Iván Morillo Villarreal

4.16.2 Meta Cuantitativa de Representación del Objeto (Target)

Es la meta cuantitativa para cada objeto de conservación que será incluido en la solución, para que una solución de reservas sea factible, debe incluir, al menos, una meta para cada objeto y no puede ser la misma meta para todos los objetos.

En el presente estudio se tomó a todos los ecosistemas del mapa de vegetación del Ecuador 2013, se obtuvieron 88 objetos de conservación, en donde las metas cuantitativas serán entre 65% y 85% de acuerdo a la Tabla. 15, dependiendo del criterio de conservación de cada ecosistema.

4.16.3 Penalidad y Factor de Penalidad de Especies (Spf)

Es la penalidad aplicada a un sistema de reservas por no representar adecuadamente los objetos de conservación. Se basa en el principio de que si un objeto de conservación está por debajo de su meta de representación, entonces la penalidad debe ser una aproximación del costo por incrementar el objeto de conservación hasta su meta de representación.

El factor de penalidad es un multiplicador que determina la magnitud de la penalidad que se adicionará a la función objetivo si no se cumple con la meta del objeto de conservación en el escenario de reserva que se analiza. Mientras mayor sea el valor, mayor será la penalidad relativa, y mayor será el énfasis que pondrá MARXAN en garantizar que se cumplan las metas del objeto.

Para el presente estudio se estableció la siguiente penalidad:

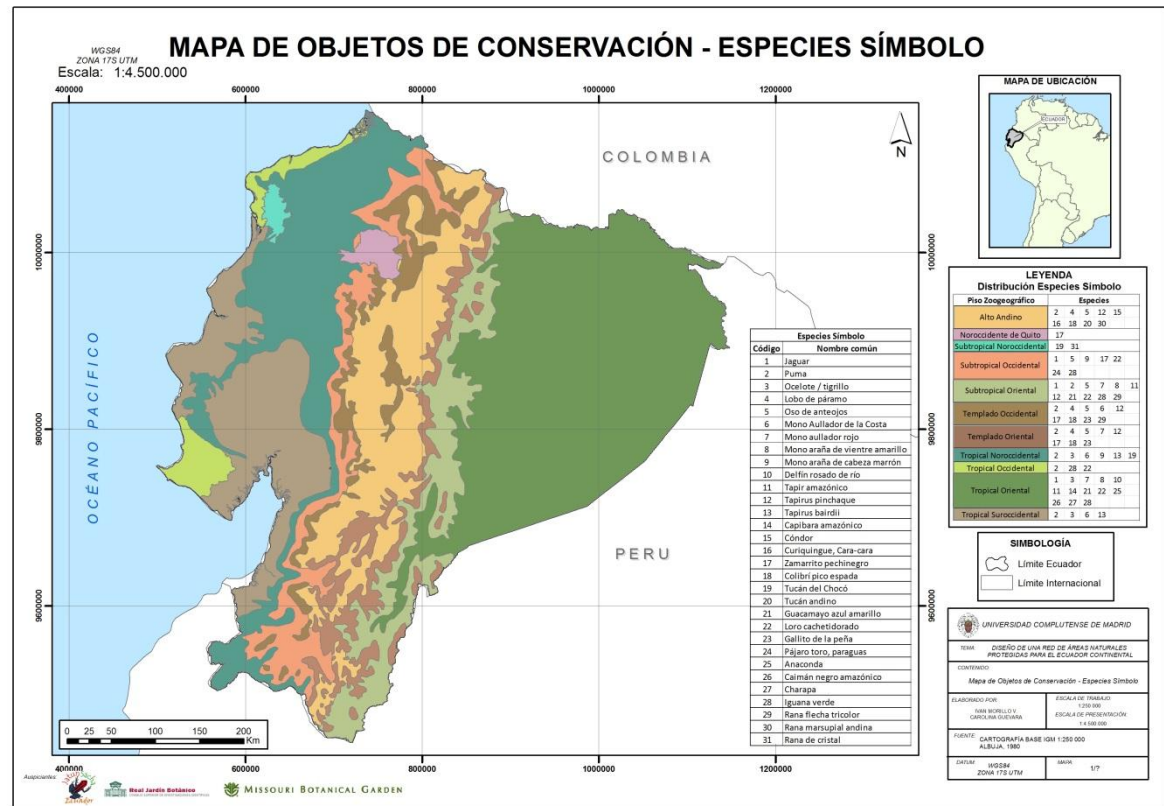
Variable	spf
Muy amenazado	3
Vulnerable	2
Poco amenazado	1

Elaboración: Iván Morillo Villarreal 2012.

Posteriormente, se procedió hacer un *join* de la tabla de Excel de los objetos de conservación con la tabla de atributos del shp. de ecosistemas del Ecuador 2013, para obtener el shp. de objetos de conservación.

4.17 Objetos de Conservación - Especies Símbolo:
Con la cobertura de pisos zoo-geográficos

Mapa 38. Núcleos de Conservación y Distribución de Especies Símbolo como Objetos de Conservación



Para obtener el archivo final de objetos de conservación de especies símbolo se realizó un *dissolve* del anterior shp. en base al id.

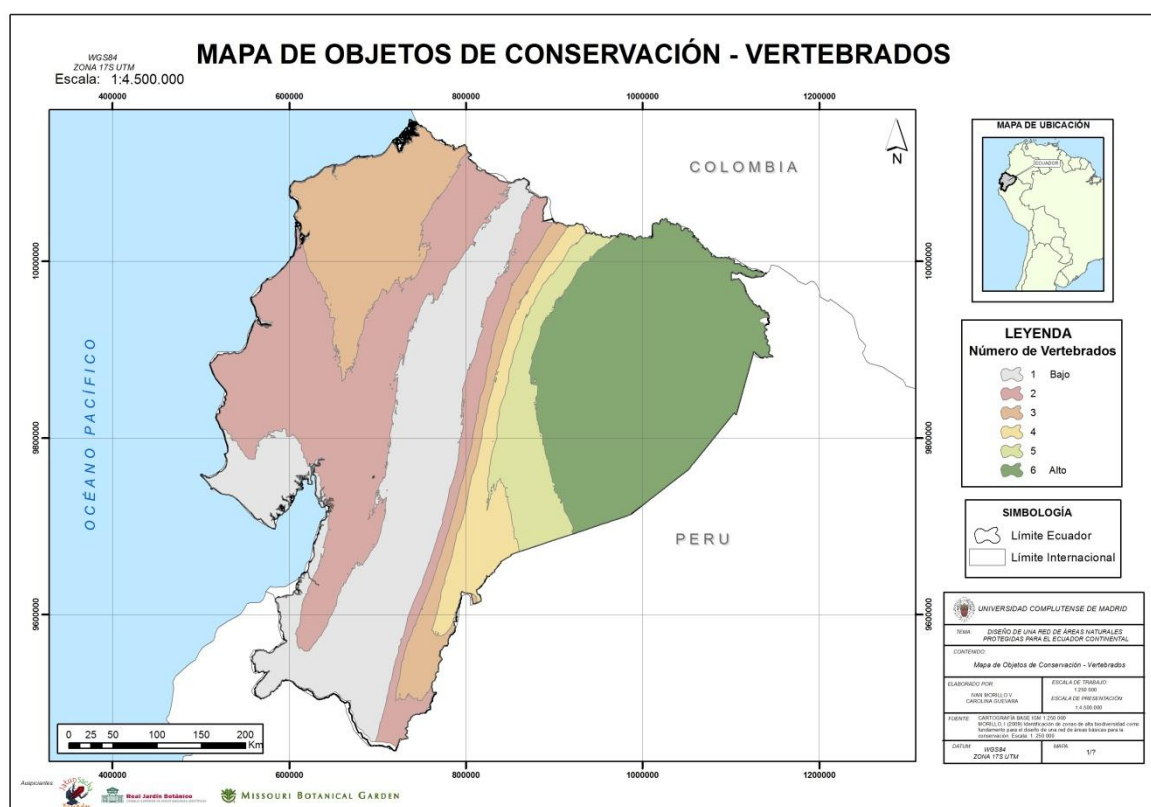
4.18 Vertebrados

Con el raster del total de los vertebrados, se clasificó en 6 niveles y todo lo que no poseía información se lo clasificó como 1. Por lo que para el efecto 1 significa menor cantidad de vertebrados y 6 mayor.

A ese raster se le realizó un *raster to polygon* para obtener el archivo en shp. En la siguiente tabla, se encuentra el id, nombre común, la meta y penalidad:

Id	Nombre común	target	spf
701	Vertebrados	80	2

Mapa 39. Núcleos de Conservación y Distribución de Vertebrados como Objetos de Conservación



Para poder trabajar correctamente con MARXAN, se hizo un *clip* del shp. Objetos de Conservación_Vertebrados con cada una de las regiones de planificación, se obtuvieron 24 regiones con sus respectivos objetos de conservación.

Finalmente, se realizó un *merge* de todos los objetos de conservación distribuidos en las 24 regiones. Para obtener un solo archivo de objetos de conservación, a la tabla de atributos de cada objeto se la exportó a un archivo de notas.

4.19 Archivo de Unidades de Planificación versus Objetos de Conservación

Este archivo contiene información referente a la distribución de los objetos de conservación en las unidades de planificación. Tiene como nombre de archivo predeterminado, 'puvpsr2.dat'. Este archivo puede tomar dos formatos diferentes, vertical y horizontal, para el presente estudio se utilizó el formato vertical.

Al utilizar el formato vertical, el Archivo de Unidades de Planificación versus Objetos de Conservación contiene tres columnas, todas las cuales son requeridas. El archivo comienza con una fila de encabezamiento que contiene el nombre de cada una de las tres variables: '**especies**', '**pu.**' Y '**amount**'. Cada fila posterior contiene un 'id' para un objeto de conservación (bajo el encabezamiento '**especies**'), una identificación para una unidad de planificación (bajo el encabezamiento '**pu.**'), y un valor para la cantidad de ese objeto de conservación encontrada en la unidad de planificación (bajo el encabezamiento '**amount**'). De esa manera, habrá una fila por cada vez que un objeto incida en una unidad de planificación.

No hay valores predeterminados para este archivo, y de no incluirse la información necesaria o si se incluyen encabezamientos incorrectos Marxan no se ejecutará⁸⁶.

Para obtener este archivo, se realizó un *spatial join* entre los shapefiles de Unidades de Planificación y el de Objetos de conservación (que incluye vertebrados, especies símbolo y ecosistemas), así se obtiene la cantidad de objetos de conservación dentro de cada unidad de planificación. La Tabla de atributos queda así:

Para que MARXAN funcione correctamente, a este shp. se le realiza un *clip* con las 24 regiones antes divididas (ver grilla Marxan). Y a cada tabla de atributos de esos shp. se la exporta a archivo de notas con el nombre de 'puvpsr2.dat' para que pueda correr en Marxan.

4.20 Longitud de Frontera

Variable – 'boundary'

Requerido: Si

Descripción: El valor para la variable 'boundary' (frontera) puede derivarse en diferentes maneras, pero, es en esencia, una medida relativa de la importancia de incluir una unidad de planificación en el sistema de reservas, dada la inclusión de la otra unidad⁸⁷.

Para la creación del archivo longitud de frontera se utilizó la extensión MARXAN BOUNDARY TOOL FOR ESRI ARCGIS 10.x que solamente necesita del archivo de unidades de planificación y crea el archivo automáticamente.

4.21 Ejecución Del Marxan

Cuando se ha obtenido los cuatro archivos necesarios para correr MARXAN:

- Unidades de Planificación (pu)
- Objetos de Conservación (oc)
- Unidades de Planificación vs Objetos de Conservación (puvpsr)
- Frontera (boundary)

Se procede a crear el archivo de parámetros de entrada "input.dat" y correr el programa. Dentro del archivo *input* se estableció un número de iteraciones (NUMINTS) de **1 000 000**; el modificador de longitud de frontera (BLM) se estableció entre **1, 10 y 100**, dependiendo del resultado que se obtenga.

Cuando se corre MARXAN, se obtiene varios archivos que se almacenan en la carpeta *output*.

Se toma el archivo *_best* para hacer un *join* con la tabla de atributos de las Unidades de Planificación.

Se hace un *data export data* de los valores **1** de la columna **_best_txt1**, para poder trabajar sólo donde están los parches.

⁸⁶ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

⁸⁷ Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.

Se eliminan todos los campos que no son necesarios y se añade los campos de Código (cod) y Área (ha).

El código de cada parche se establece como en el siguiente ejemplo:

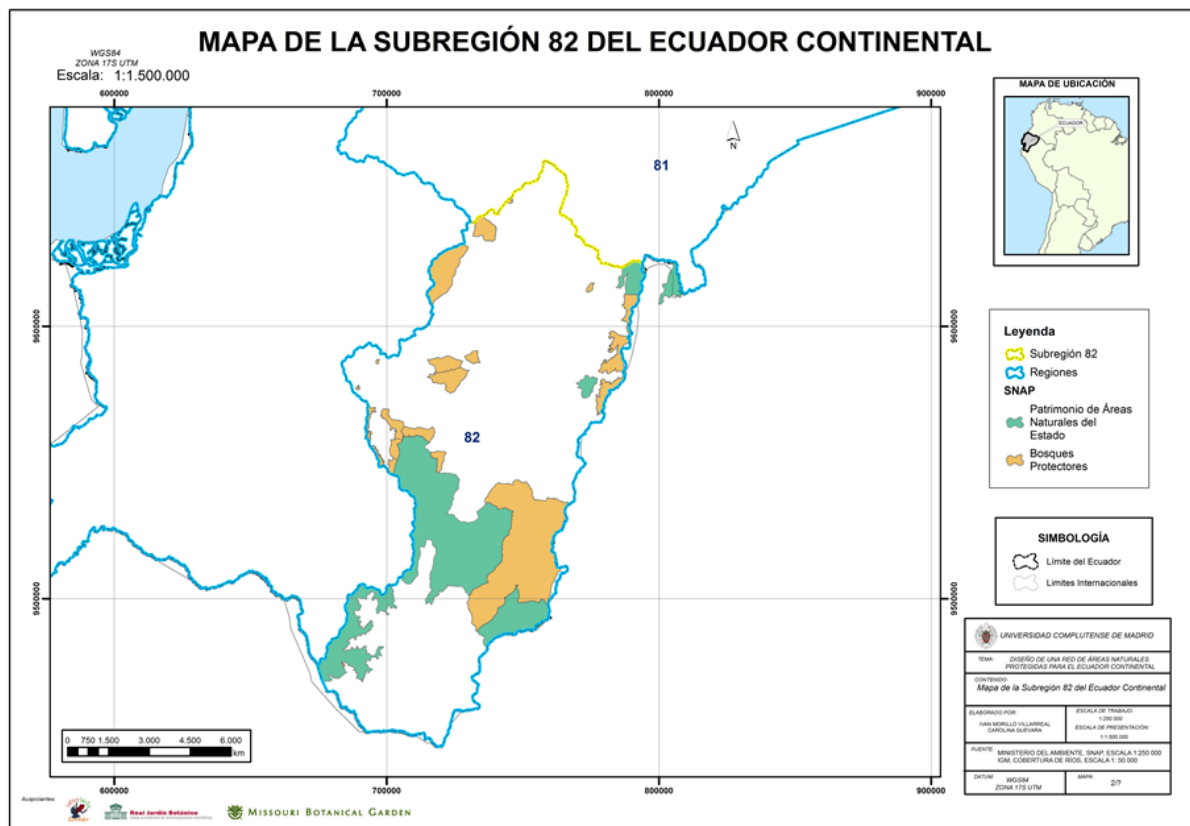
Número de Región: 82

Número de FID: 3

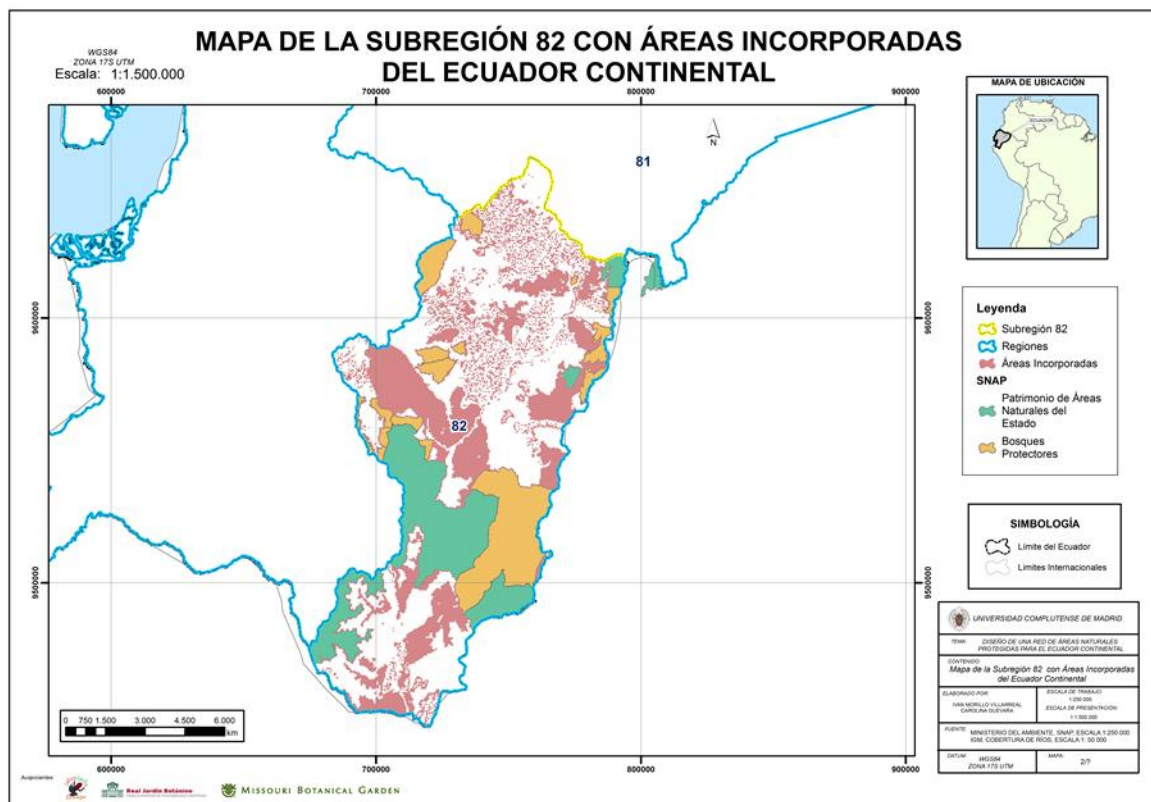
COD = Número de Región + Número de FID = 82 0000 + 3 = 820003

Se obtiene finalmente la siguiente cobertura. Ejemplo: Subregión 82

Mapa 40. Proceso de las subregiones para Incorporar Áreas de Conservación y la Conformación de la Red de Áreas Naturales protegidas del Ecuador Continental



Mapa 41 Ejemplo de proceso de las subregiones con las Áreas de Conservación Incorporadas Para la Conformación de la Red de Áreas Naturales protegidas del Ecuador Continental



5. Resultados

- A partir del Análisis Multicriterio y la aplicación de MARXAN, se obtuvo una Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador continental, que integra las actuales Áreas Naturales Protegidas que conforman el SNAP con sus cuatro subsistemas y la inclusión de nuevas Áreas Naturales que abarcan entre otras estructuras muchos de los Bosques Protectores, así como otras zonas que no están incluidas en ninguna categoría de conservación o de manejo forestal. Dentro de estas zonas a incorporarse constan varios ecosistemas que no están dentro de las Áreas Protegidas llenando vacíos eco-sistémicos de conservación.
- La Red de Áreas Naturales Protegidas propuesta tiene una conectividad natural a través de las ocho Cuencas Hidrográficas que presenta el Ecuador Continental. Para que la conectividad sea efectiva se ha subdividido las ocho Cuencas Hidrográficas en 24 Subcuencas, cada una de ellas con un conjunto importante de ríos que están dando la conexión entre los espacios a protegerse.
- Si se incorporan todas las zonas resultantes que arroja el algoritmo MARXAN, se lograría duplicar la superficie de conservación (Superficie de conservación actual del SNAP: 5.005.938 Has) para Ecuador continental; en total la suma de zonas a incorporarse abarcan 5.355.062,56 Hectáreas.

- La Red propuesta incluye 82 de los 90 ecosistemas existentes en Ecuador continental, logrando así una representatividad de los mismos como principales objetos de conservación.
- El porcentaje de incremento de los ecosistemas a la Red de Áreas Naturales Protegidas se da en un rango desde 0,10 % hasta el 100% en el caso de ecosistemas como el Bosque deciduo montano bajo del Catamayo-Alamor, que anteriormente no está integrado en un Área Natural Protegida.
- Otro resultado importante que proporcionó MARXAN se relaciona con que, la Red propuesta permite que los vertebrados como principales objetos de conservación de la Fauna, tengan asegurado espacios de flujo y movilidad, por tanto se garanticen aspectos como la variabilidad genética, y el mantenimiento de sus poblaciones. Se hace evidente que si se logra mantener poblaciones saludables de los vertebrados, la presencia y viabilidad de otros tipos de fauna estará dada.
- Las zonas que se integrarían a la Red propuesta pueden incorporarse con roles diferentes como: Nuevas Áreas Naturales Protegidas, Corredores Biológicos, Zonas de Amortiguamiento, Zonas de Restauración Ecológica.
- MARXAN confirmó que la conectividad de la Red de Áreas Naturales Protegidas, está dada por las Cuencas Hidrográficas como concepto integrador, sin embargo de lo que también MARXAN determina que la conectividad de la Red debe darse a través de: relictos y parches de bosques, cultivos forestales, cultivos agroforestales, cultivos agrícolas.
- De acuerdo a los resultados que proporcionó MARXAN, la región constituida por la Cuenca Hidrográfica del Río Napo, que pertenece a la Amazonía ecuatoriana en la zona nororiental del país contribuiría con un total de 1.812.006,00 Has, lo que significa que es la región que más aporte brindaría con nuevos espacios para conservación y conformación de la Red de Áreas Naturales Protegidas.
- En segundo lugar, en aporte de espacios naturales para protección a incluirse en la Red, es la región de la Cuenca Hidrográfica, compuesta principalmente por el Río Santiago en el Sur-oriente del país los resultados que proporcionó MARXAN, determina que pueden integrarse 854.382,00 Has como áreas de conservación, corredores biológicos, zonas de amortiguamiento, zonas de restauración ecológica.
- La Cuenca del Río Pastaza también en el centro de la Amazonía ecuatoriana, puede incluir 656.135,00 Has, de espacios naturales para conservación. La región 2, que comprende la Cuenca del Río Putumayo al Nor-oriente del Ecuador puede incluir 179.261,00 Has, en espacios de conservación.
- Para la región 1, que abarca la Cuenca del Río Esmeraldas, los resultados obtenidos indican que se pueden incluir un total de 502.497,80 Has, en espacios de conservación, el aporte además en esta zona es la alta diversidad biológica, así como el endemismo, de Flora y Fauna, ya que pertenece al Chocó biogeográfico, por lo que esta área es una de las prioritarias a integrarse en la Red propuesta.
- De igual manera los resultados obtenidos indican que se puede incorporar 420.276,00 Has dentro de la región constituida por las Cuencas del perfil costanero norte y centro del Ecuador, en lo que corresponde a la provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena. Y con lo que respecta a la región conformada por las cuencas del perfil costanero sur y parte

de la sierra sur del Ecuador se pueden incluir 587.195,90 Has, de parches y relictos boscosos integrados como áreas de conservación a la Red de Áreas naturales Protegidas del Ecuador.

- En lo que respecta a la cuenca interna del Río Guayas, hacia el centro del Ecuador, los resultados indican que se pueden incluir 348.062,50 Has en espacios de conservación.
- La subregión 53, que abarca la Cuenca externa del Río Guayas, no presenta ningún aporte de incremento de espacios que se integren a la RED de Áreas Naturales Protegidas, debido al alto grado de intervención, fragmentación de los hábitats, y degradación de los bosques naturales, lo que dificulta la conectividad dentro de la misma, los criterios y escalas de valoración y ponderación fueron los mismos para todas las Cuencas; es la única región en la que MARXAN dio estos resultados.

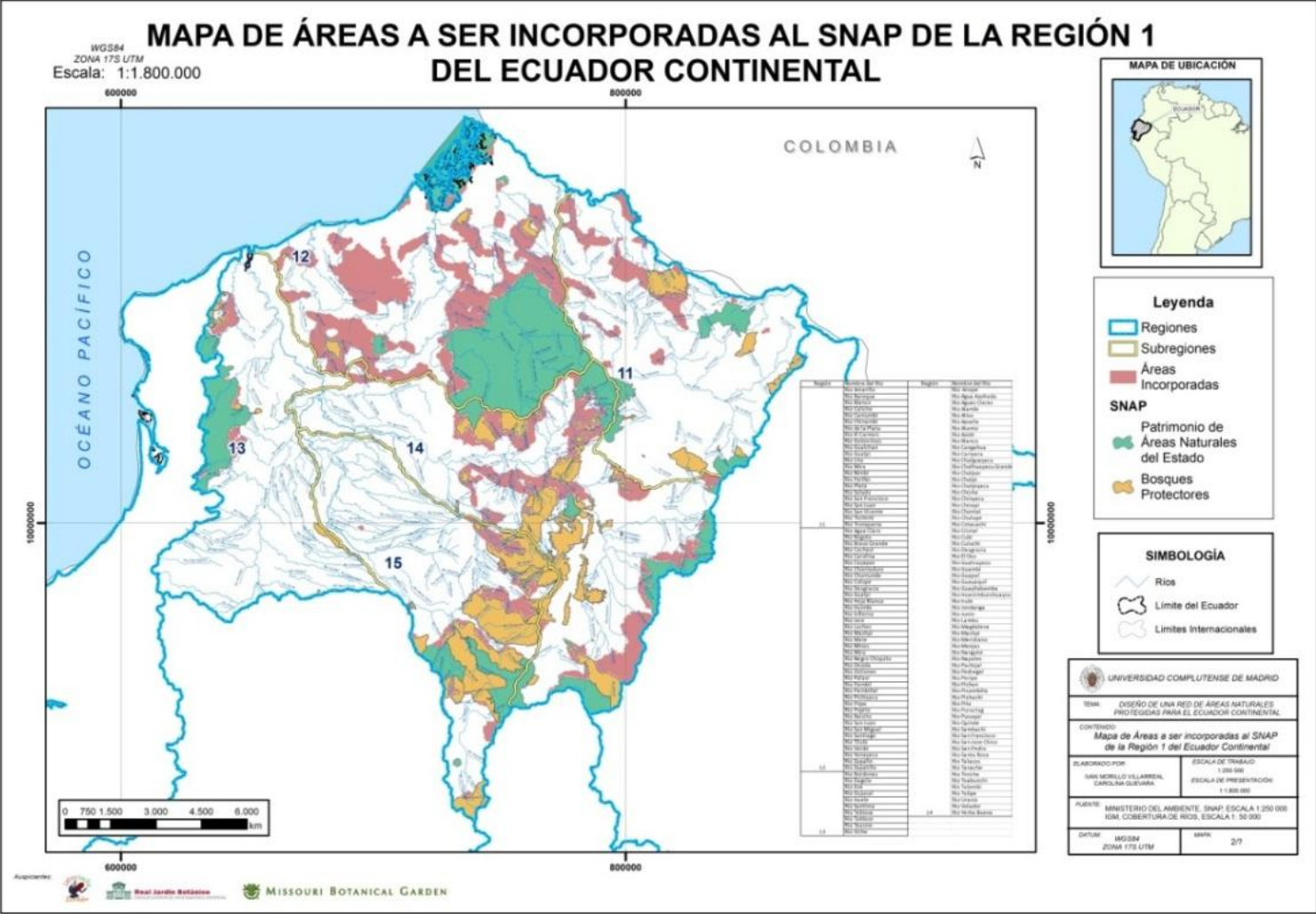
Tabla 22. Resultados por superficie en Hectáreas de las Áreas Protegidas que se Incorporarían a la Red por Subregión

Sub-región	Hectáreas	Sub-región	Hectáreas
2	179261,00	51	150515,00
11	59691,70	52	121544,00
12	242243,00	53	0,00
13	15025,10	54	42969,20
14	147089,00	55	33034,30
15	38449,00	61	137172,00
31	210216,00	62	518963,00
32	442315,00	71	82822,90
33	920440,00	72	317108,00
34	239035,00	73	187265,00
41	195345,00	81	469810,00
42	224931,00	82	384572,00
Total			5.359.816,20

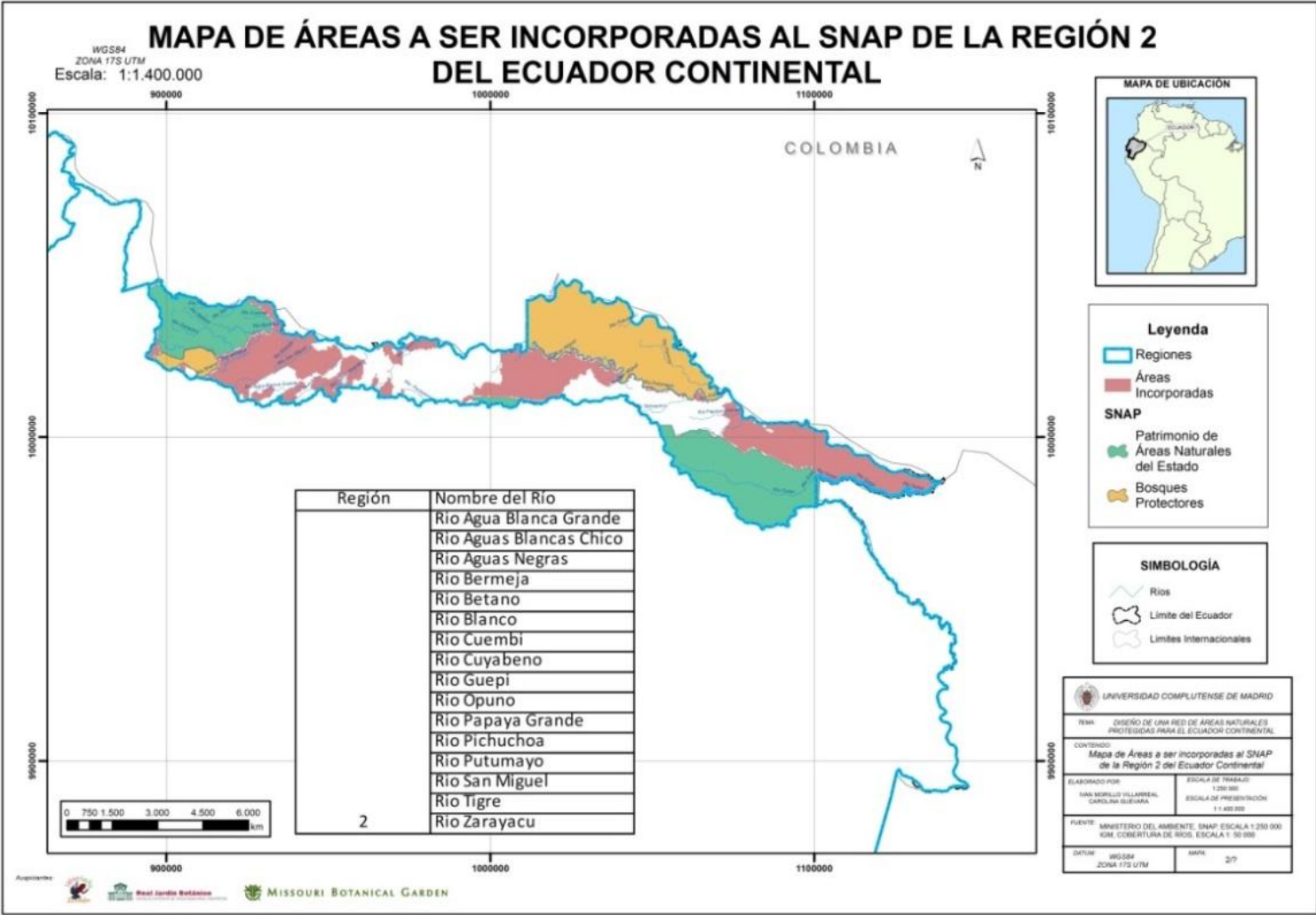
Elaboración; Iván Morillo Villarreal 2012.

A continuación se presentan los Resultados por cada una de las 8 Regiones y Subregiones que tienen correspondencia con las Cuencas y Subcuencas Hidrográficas.

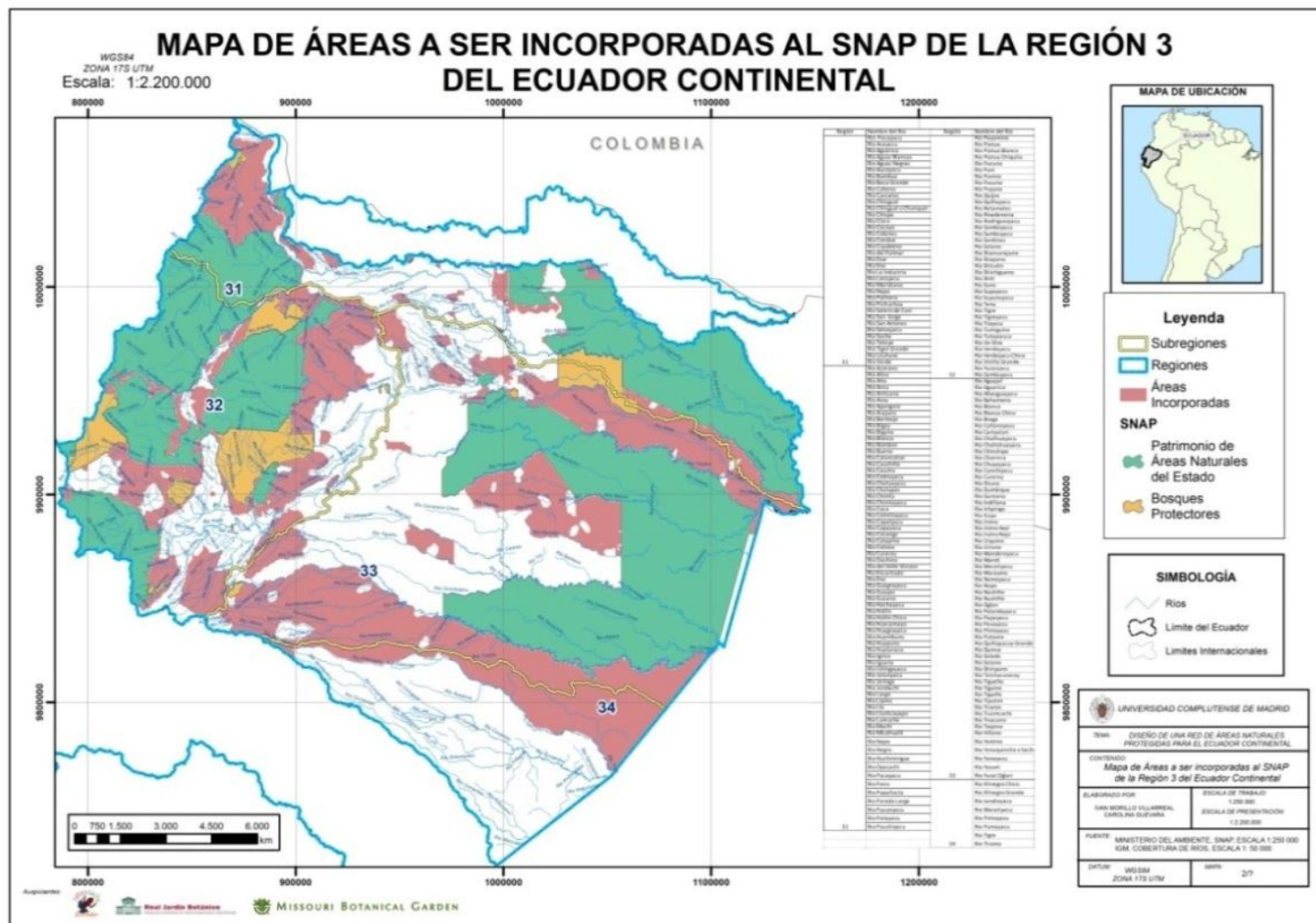
Mapa 42: Áreas a ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados región 1



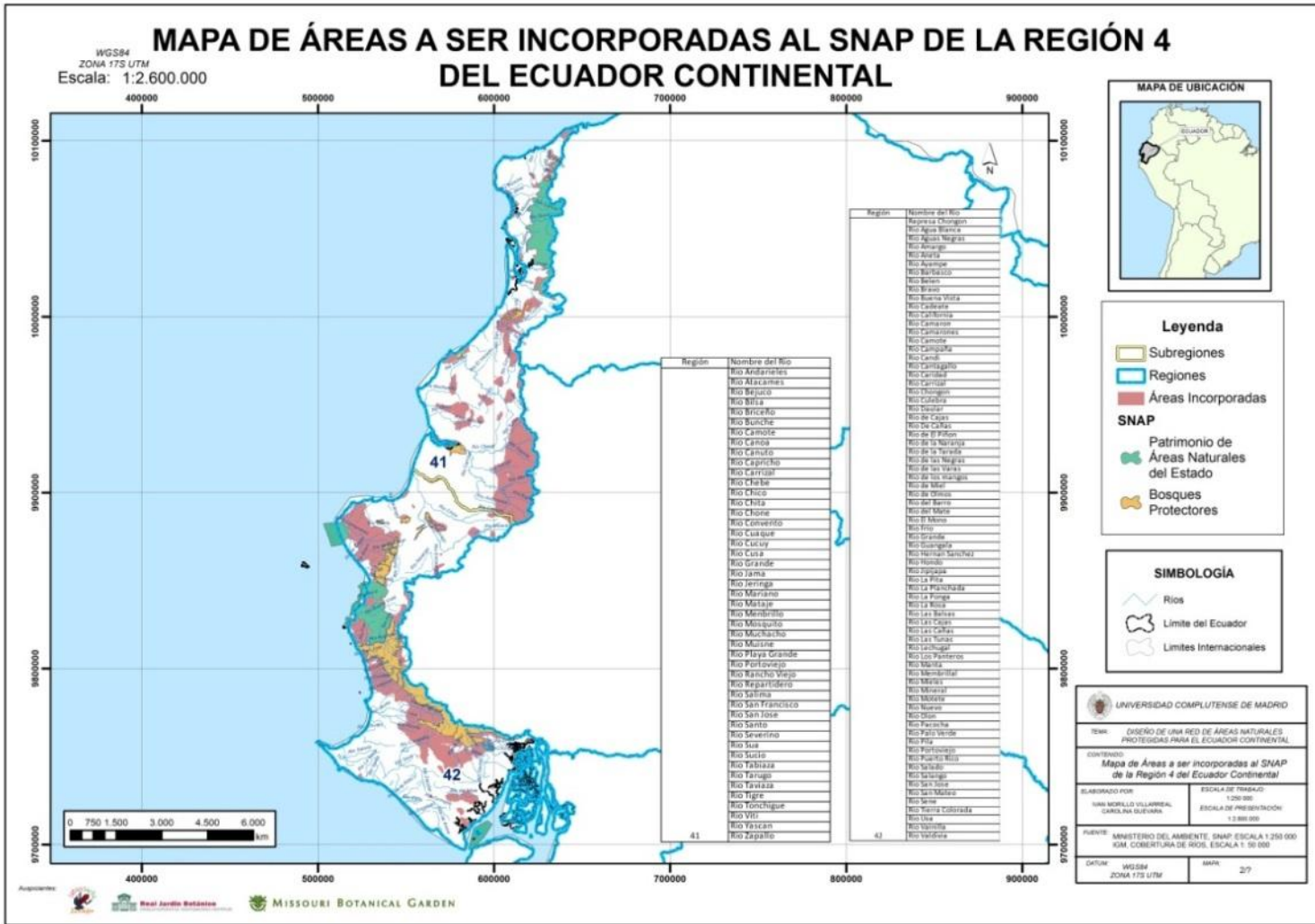
Mapa 43 Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 2.



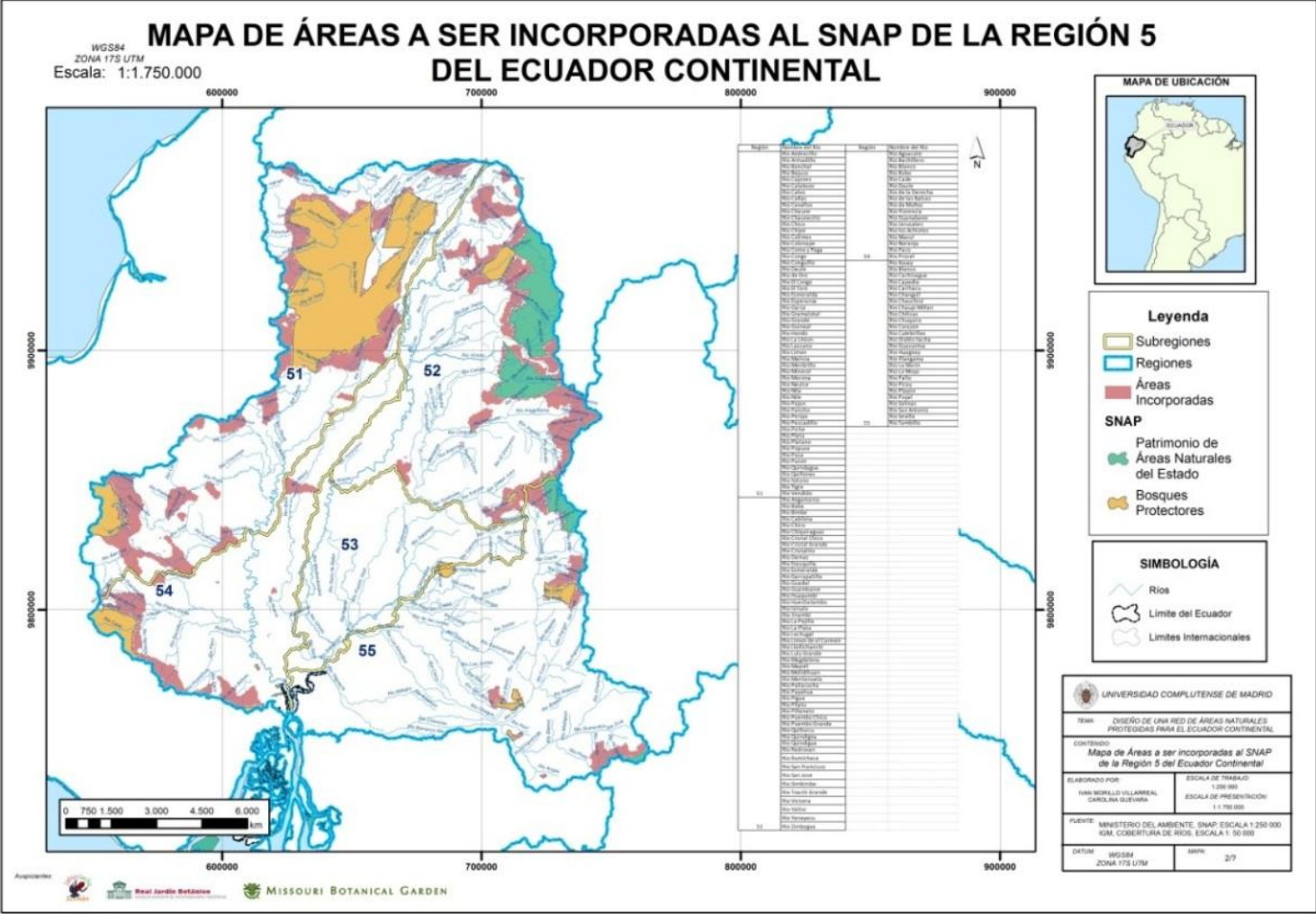
Mapa 44. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 3.



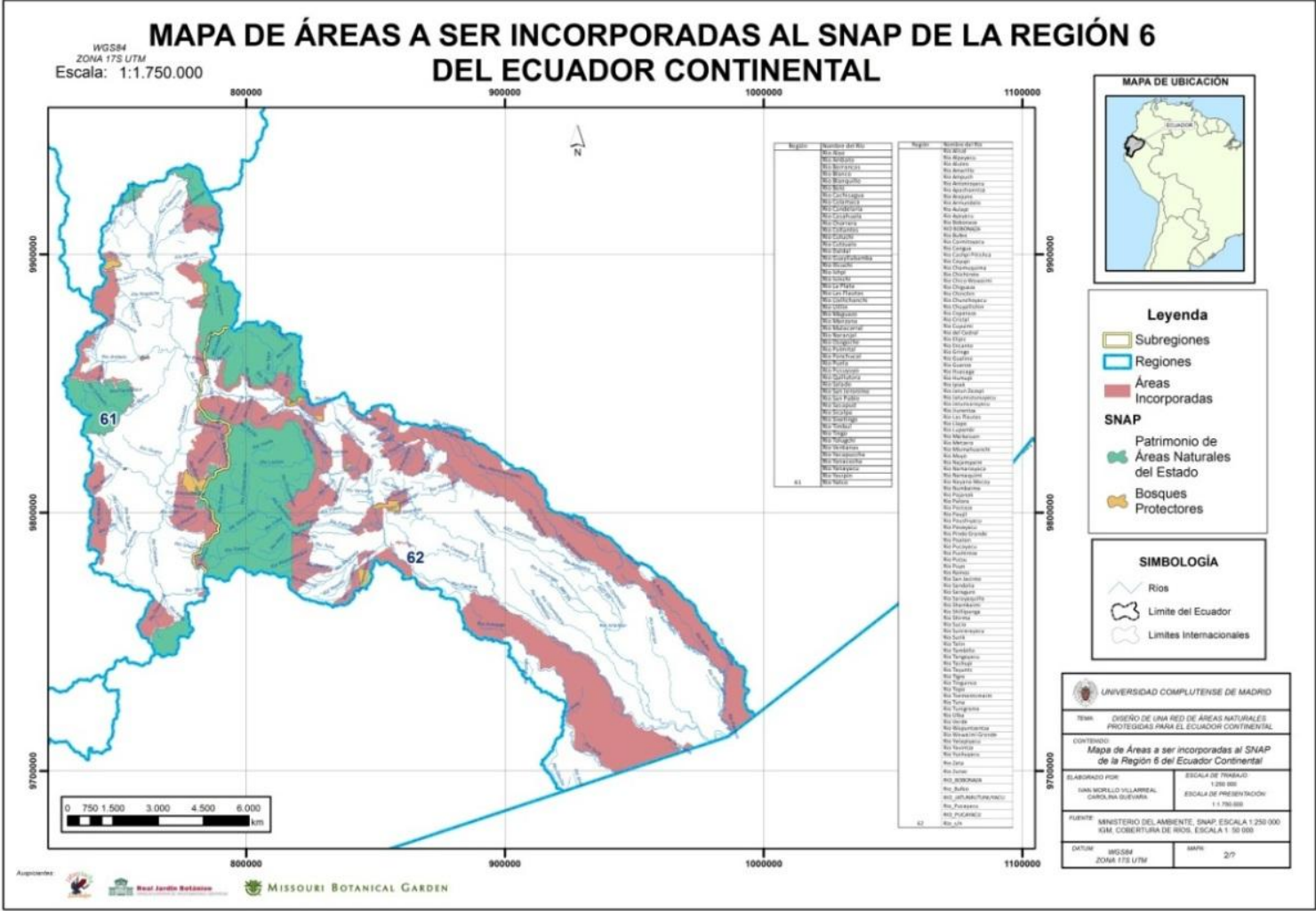
**Mapa 45. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 4.**



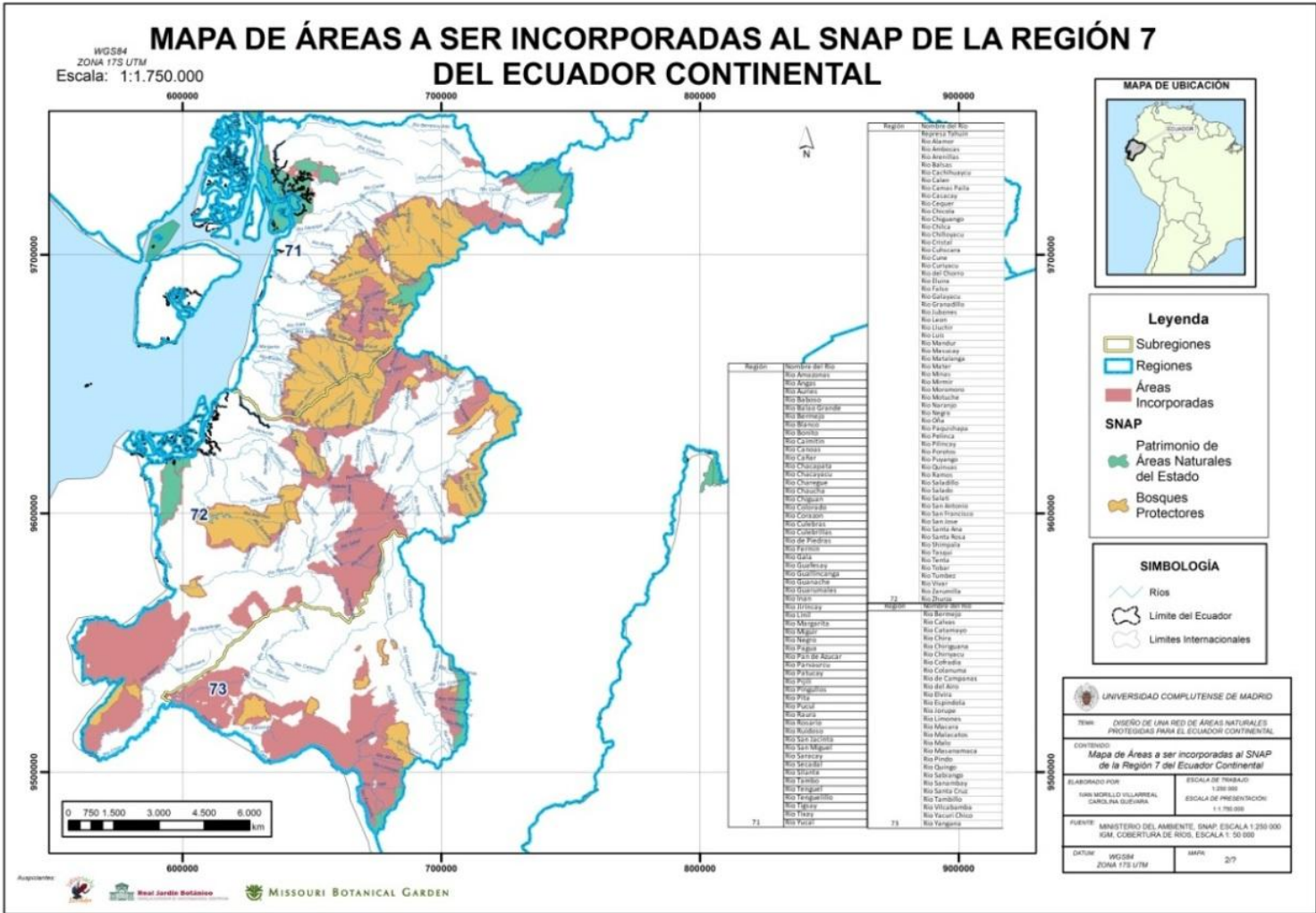
Mapa 46 Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 5.



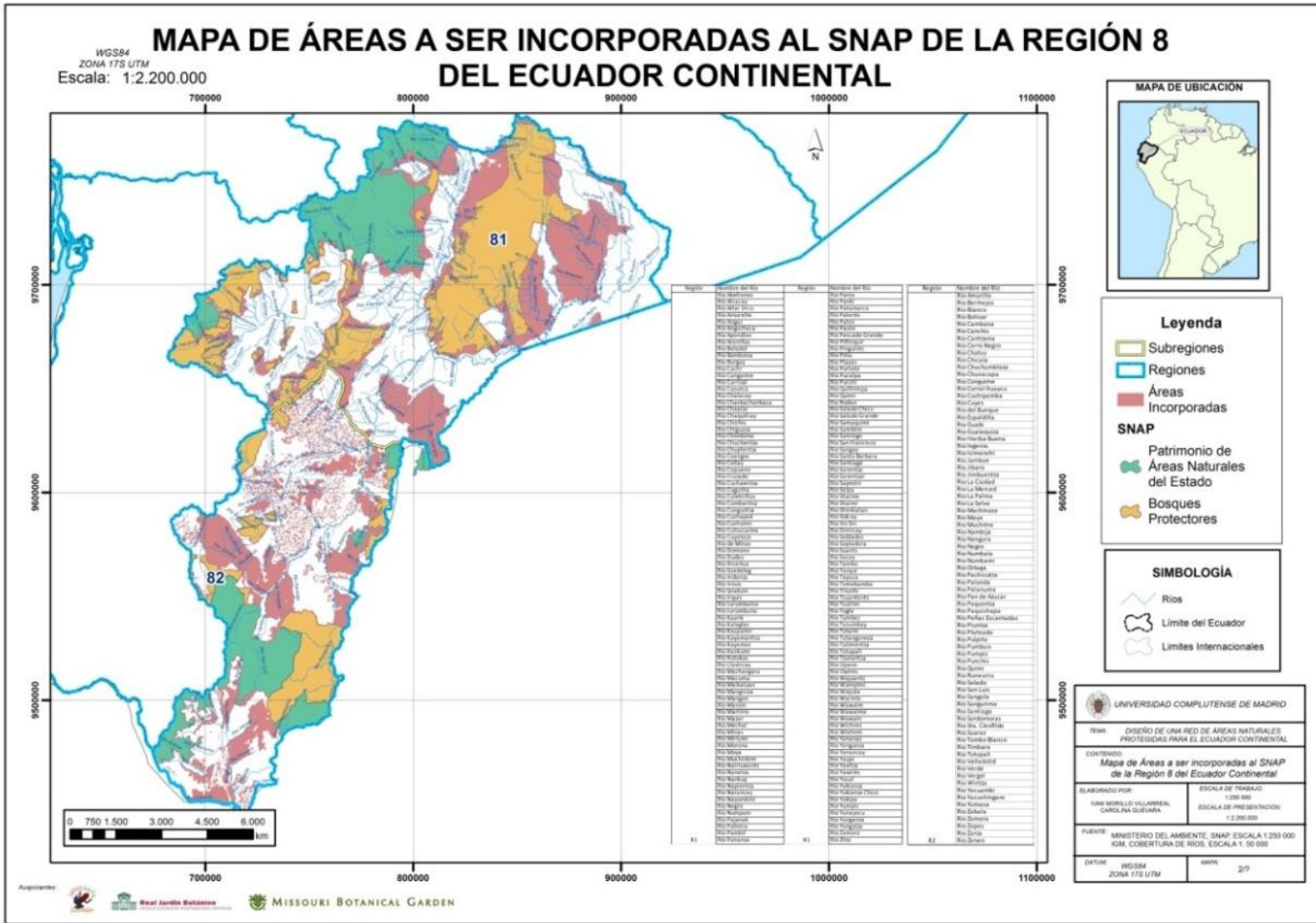
Mapa 47: Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 6.



**Mapa 48. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 7.**



Mapa 49. Áreas a Ser Incorporadas a la Red de Áreas Naturales Protegidas de Ecuador Continental
Resultados Región 8.



Mapa 50. Red de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador Continental

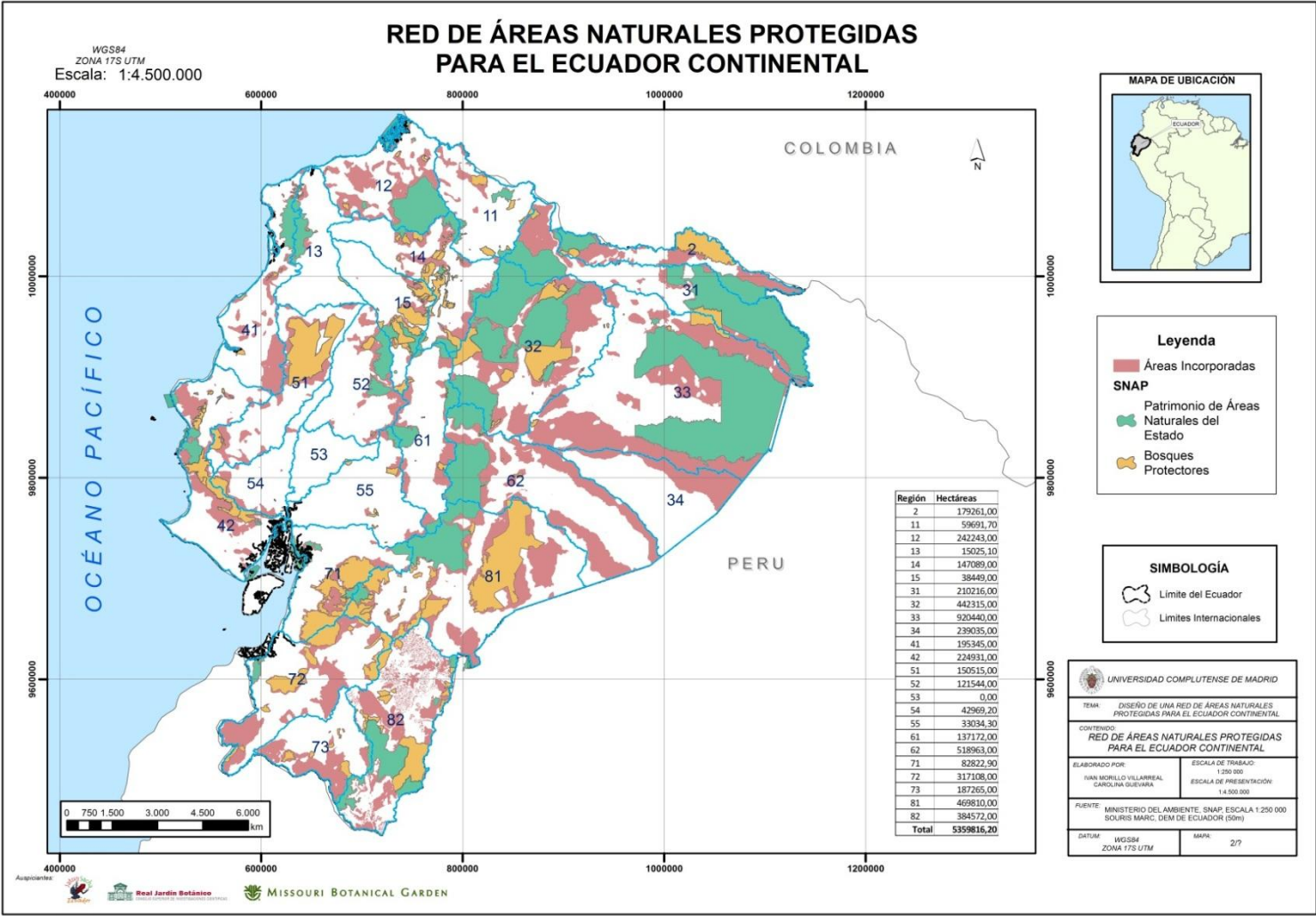


Tabla 23. Resultados Integrados de MARXAN con respecto a la incorporación de Ecosistemas a la Red de Áreas Naturales Protegidas

ECOSISTEMA / ÁREAS REGISTRADAS	Total Has del Ecosistema	Representación Original / en ANP y BP	Representación con áreas incorporadas	Aumento Has	Porcentaje de aumento	Porcentaje de representación original	Porcentaje de representación con áreas incorporadas	Porcentaje de representación (aumento)
Agua	293700	61568,9	96247,5	34678,6	36,03	20,96	32,77	11,81
Arbustal deciduo y Herbazal de playas del Litoral	4,77	4,77	4,77	0	0	100	100	0
Arbustal desértico de tierras bajas del Jama-Zapotillo	34788,1	0	0	815,15	100	0	2,34	2,34
Arbustal desértico del sur de los Valles	13753,9	0	0	0	0	0	0	0
Arbustal semideciduo del sur de los Valles	80855,9	1603,65	6347,98	4744,33	74,74	1,98	7,85	5,87
Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur	210,51	203,35	209,52	6,18	2,95	96,6	99,53	2,93
Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	54238,1	3087,45	4970,74	1883,29	37,89	5,69	9,16	3,47
Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes	22366	6484,85	8607,51	2122,66	24,66	28,99	38,48	9,49
Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes	7217,91	4923,95	5674,97	751,02	13,23	68,22	78,62	10,4
Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	231048	128520	170099	41579	24,44	55,62	73,62	18
Arbustal siempreverde y Herbazal montano de la cordillera del Cóndor	23829,1	10631,3	14255,1	3623,8	25,42	44,61	59,82	15,21
Bosque bajo y Arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	198074	28652,7	93196,6	64543,9	69,26	14,47	47,05	32,59
Bosque deciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	41122,7	8147,87	17354,4	9206,53	53,05	19,81	42,2	22,39
Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	287066	10144,3	91934,5	81790,2	88,97	3,53	32,03	28,49
Bosque deciduo montano bajo del Catamayo-Alamor	4819,68	0	0	4819,68	100	0	100	100
Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor	39478,9	4588,93	34444,1	29855,17	86,68	11,62	87,25	75,62
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	74765,6	44218,3	51985,1	7766,8	14,94	59,14	69,53	10,39
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	169152	41111,8	97248	56136,2	57,72	24,3	57,49	33,19
Bosque inundable de llanura intermareal del Chocó Ecuatorial	89,91	38,27	38,27	0	0	42,57	42,57	0
Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	11272,8	10888,2	10899,9	11,7	0,11	96,59	96,69	0,1
Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	336385	140159	221823	81664	36,81	41,67	65,94	24,28

ECOSISTEMA / ÁREAS REGISTRADAS	Total Has del Ecosistema	Representación Original / en ANP y BP	Representación con áreas incorporadas	Aumento Has	Porcentaje de aumento	Porcentaje de representación original	Porcentaje de representación con áreas incorporadas	Porcentaje de representación (aumento)
Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial	11811,2	7517	9201,42	1684,42	18,31	63,64	77,9	14,26
Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	472365	273660	389307	115647	29,71	57,93	82,42	24,48
Bosque semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	77435,5	28541,5	43522,4	14980,9	34,42	36,86	56,2	19,35
Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	227758	22475,6	78313,1	55837,5	71,3	9,87	34,38	24,52
Bosque semideciduo montano bajo del Catamayo-Alamor	66061,3	3861,87	22649,9	18788,03	82,95	5,85	34,29	28,44
Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor	161926	1907,29	75344,5	73437,21	97,47	1,18	46,53	45,35
Bosque semideciduo piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	9668,97	0	0	4701,67	100	0	48,63	48,63
Bosque siempreverde de tierras bajas con bambú de la Amazonía	2399,58	0	0	0	0	0	0	0
Bosque siempreverde de tierras bajas del Abanico del Pastaza	575298	61053,3	346317	285263,7	82,37	10,61	60,2	49,59
Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	969452	474085	727191	253106	34,81	48,9	75,01	26,11
Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	355597	18924,3	129591	110666,7	85,4	5,32	36,44	31,12
Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	1477370	486393	822559	336166	40,87	32,92	55,68	22,75
Bosque siempreverde de tierras bajas del Tigre-Pastaza	2131080	285454	1071790	786336	73,37	13,39	50,29	36,9
Bosque siempreverde del Páramo	8786,52	1520,41	3995,81	2475,4	61,95	17,3	45,48	28,17
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	92808,5	27980,6	47539,4	19558,8	41,14	30,15	51,22	21,07
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	82722	22285	42522,9	20237,9	47,59	26,94	51,4	24,46
Bosque siempreverde estacional inundable de llanura aluvial del Jama-Zapotillo	1741,5	0	0	0	0	0	0	0
Bosque siempreverde estacional montano bajo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	92882,3	50775,2	66578,7	15803,5	23,74	54,67	71,68	17,01
Bosque siempreverde estacional montano bajo del Catamayo-Alamor	16833	2090,54	9619,7	7529,16	78,27	12,42	57,15	44,73
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Chocó	107815	44013,3	54677,1	10663,8	19,5	40,82	50,71	9,89
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial	256996	50338,2	131469	81130,8	61,71	19,59	51,16	31,57

ECOSISTEMA / ÁREAS REGISTRADAS	Total Has del Ecosistema	Representación Original / en ANP y BP	Representación con áreas incorporadas	Aumento Has	Porcentaje de aumento	Porcentaje de representación original	Porcentaje de representación con áreas incorporadas	Porcentaje de representación (aumento)
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	61910,6	41319,1	47414,4	6095,3	12,86	66,74	76,59	9,85
Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor	97121,2	14778,7	37431	22652,3	60,52	15,22	38,54	23,32
Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	136881	68308,8	91220,1	22911,3	25,12	49,9	66,64	16,74
Bosque siempreverde montano alto del Catamayo-Alamor	17451,4	3550,88	12945,9	9395,02	72,57	20,35	74,18	53,84
Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	254460	158065	216763	58698	27,08	62,12	85,19	23,07
Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	126172	86842,5	103019	16176,5	15,7	68,83	81,65	12,82
Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Costera del Chocó	25446,3	15387,3	16519	1131,7	6,85	60,47	64,92	4,45
Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	243228	118158	161818	43660	26,98	48,58	66,53	17,95
Bosque siempreverde montano bajo de Galeras	2781,99	2781,99	2781,99	0	0	100	100	0
Bosque siempreverde montano bajo de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	256482	134688	198875	64187	32,28	52,51	77,54	25,03
Bosque siempreverde montano bajo del Catamayo-Alamor	6002,73	556,59	3561,99	3005,4	84,37	9,27	59,34	50,07
Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	424787	298397	384234	85837	22,34	70,25	90,45	20,21
Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	210445	59217,3	139558	80340,7	57,57	28,14	66,32	38,18
Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	38567,8	22921,9	31931	9009,1	28,21	59,43	82,79	23,36
Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	326597	174190	228682	54492	23,83	53,33	70,02	16,68
Bosque siempreverde montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	101185	36370,5	64505,9	28135,4	43,62	35,94	63,75	27,81
Bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor	58240,4	6557,64	29004	22446,36	77,39	11,26	49,8	38,54
Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	452012	311654	422934	111280	26,31	68,95	93,57	24,62
Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	404090	172005	252550	80545	31,89	42,57	62,5	19,93
Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor	25035,5	23964,7	24553,5	588,8	2,4	95,72	98,07	2,35

ECOSISTEMA / ÁREAS REGISTRADAS	Total Has del Ecosistema	Representación Original / en ANP y BP	Representación con áreas incorporadas	Aumento Has	Porcentaje de aumento	Porcentaje de representación original	Porcentaje de representación con áreas incorporadas	Porcentaje de representación (aumento)
Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	378981	126864	196632	69768	35,48	33,48	51,88	18,41
Bosque siempreverde piemontano de Galeras	8366,94	7344,75	7876,65	531,9	6,75	87,78	94,14	6,36
Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	524105	219717	343149	123432	35,97	41,92	65,47	23,55
Bosque siempreverde piemontano del Catamayo-Alamor	3339,99	761,11	1637,02	875,91	53,51	22,79	49,01	26,22
Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	661137	215198	430857	215659	50,05	32,55	65,17	32,62
Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	109365	8310,88	50245,3	41934,42	83,46	7,6	45,94	38,34
Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas	18725,1	10928,5	16628,4	5699,9	34,28	58,36	88,8	30,44
Bosque siempreverde piemontano sobre mesetas de arenisca de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	19155,3	7332,93	10057,1	2724,17	27,09	38,28	52,5	14,22
Bosque siempreverde sobre mesetas de arenisca de la cordillera del Cóndor en la baja Amazonía ecuatoriana	1247,67	0	0	0	0	0	0	0
Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles	59393,6	6849,25	9899,98	3050,73	30,82	11,53	16,67	5,14
Bosque y Arbustal semideciduo del sur de los Valles	22852,9	144,09	687,5	543,41	79,04	0,63	3,01	2,38
Herbazal del Páramo	1052010	643873	834157	190284	22,81	61,2	79,29	18,09
Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	36148,6	19572,2	28911,1	9338,9	32,3	54,14	79,98	25,83
Herbazal húmedo subnival del Páramo	8883,45	8036,33	8701,09	664,76	7,64	90,46	97,95	7,48
Herbazal inundable del Páramo	11271,5	7868,78	8996,81	1128,03	12,54	69,81	79,82	10,01
Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	7119,09	0	0	29,16	100	0	0,41	0,41
Herbazal inundable ripario de tierras bajas del Jama-Zapotillo	10540,7	4690,38	5434,08	743,7	13,69	44,5	51,55	7,06
Herbazal inundado lacustre del Pacífico Ecuatorial	1410,39	715,05	718,2	3,15	0,44	50,7	50,92	0,22
Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	10872,5	4101,57	9010,02	4908,45	54,48	37,72	82,87	45,15
Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	1736,82	1736,82	1736,82	0	0	100	100	0
Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	17540,8	16351	17105,8	754,8	4,41	93,22	97,52	4,3

ECOSISTEMA / ÁREAS REGISTRADAS	Total Has del Ecosistema	Representación Original / en ANP y BP	Representación con áreas incorporadas	Aumento Has	Porcentaje de aumento	Porcentaje de representación original	Porcentaje de representación con áreas incorporadas	Porcentaje de representación (aumento)
Herbazal y Arbustal siempreverde del Páramo del volcán Sumaco	393,03	393,03	393,03	0	0	100	100	0
Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	67241,5	36500,4	57679,3	21178,9	36,72	54,28	85,78	31,5
Intervención	8935980,9	713754	1913460	1199706	62,7	25,92	69,49	43,57
Manglar del Chocó Ecuatorial	22961,1	20592,8	21697,1	1104,3	5,09	89,69	94,5	4,81
Manglar del Jama-Zapotillo	134133	40068,9	42745,4	2676,5	6,26	29,87	31,87	2
Otras áreas	77888,4	39377,3	55340,7	15963,4	28,85	50,56	71,05	20,5
Rosetal caulescente y Herbazal del Páramo (frailejones)	46396,4	20171,9	24176,4	4004,5	16,56	43,48	52,11	8,63
Sin información	345742	26144	103899	77755	74,84	7,56	30,05	22,49
TOTAL	24986882,85	6324966,575	11669663,47	6554768,55				

Elaboración; Iván Morillo Villarreal 2013.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- A partir del Análisis Multicriterio y la aplicación de MARXAN, se obtuvo una Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, que integra las actuales Áreas Naturales Protegidas que conforman el SNAP con sus cuatro subsistemas y la inclusión de nuevas Áreas Naturales que abarcan entre otras estructuras muchos de los Bosques Protectores, así como otras zonas que no están incluidas en ninguna categoría de conservación o de manejo forestal. Dentro de estas zonas a incorporarse constan varios ecosistemas que no están dentro de las Áreas Protegidas llenando vacíos eco-sistémicos de conservación.
- Los criterios establecidos para establecer la conectividad estructural y funcional de la Red de Áreas Naturales Protegidas para el Ecuador Continental, como: criterios de planificación de costo-efectividad, criterios de calidad del hábitat y nivel de amenazas a la conectividad, reunidos en 3 criterios: A mayor calidad del hábitat mayor prioridad, los hábitat más vulnerables son los más prioritarios, y las áreas más amenazadas presentan menor calidad de hábitat por lo tanto son menos prioritarias, permitieron desarrollar el análisis multicriterio, siendo la principal ventaja de este método que puede considerar una gran cantidad de datos, relaciones y objetivos, criterios ecológicos, sociales y económicos que al aplicar MARXAN permitió solucionar un particular problema de diseño de la Red de Áreas denominado “el problema de conjunto mínimo”, donde el objetivo es alcanzar una representación mínima de determinados rasgos de la biodiversidad con el menor costo posible, lo que permitió obtener los resultados de este estudio.
- La Red de Áreas Naturales Protegidas propuesta tiene una conectividad natural a través de las ocho Cuencas Hidrográficas que presenta el Ecuador Continental. Para que la conectividad sea efectiva se ha subdividido las ocho Cuencas Hidrográficas en 24 Subcuencas, cada una de ellas con un conjunto importante de ríos que están dando la conexión entre los espacios a protegerse.
- Si se incorporan todas las zonas resultantes que arroja el algoritmo MARXAN, se lograría duplicar la superficie de conservación (Superficie de conservación actual del SNAP: 5.005.938 Has) para Ecuador continental; en total la suma de zonas a incorporarse abarcan 5.355.062,56 Hectáreas.
- La metodología utilizada se demuestra como válida; la utilización de programas informáticos como: el ArcGis 10.1 con varias de sus extensiones y herramientas, y el programa MARXAN, desarrollado y elaborado por investigadores de la Universidad de Queensland de Australia, han sido la base metodológica e instrumental de primera importancia en la elaboración de esta propuesta. Principalmente el algoritmo Marxan, ha demostrado su efectividad en el procesamiento de información y obtención de resultados, los cuáles se presentan lógicos y coinciden con una serie de estudios parciales y locales que demuestran la validez de la Propuesta de la Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental.
- Al implementarse la propuesta de Red de Áreas Naturales Protegidas para Ecuador Continental, sobre la base de la conectividad de las Cuencas Hidrográficas del país, se lograría estabilidad a largo plazo con lo que se puede enfrentar los desafíos e impactos del cambio climático.

6.2. Recomendaciones

- Al implementar la presente propuesta, Ecuador podría ser uno de los países pioneros en Latinoamérica en establecer una Red estructural y funcional de Áreas Naturales Protegidas, pudiendo duplicar el territorio de conservación y protección de la biodiversidad, potenciando las condiciones de país Megadiverso.
- No cabe duda que las zonas identificadas como prioritarias para la conservación, y que integrarían la Red de Áreas Naturales Protegidas, son lugares de especial interés, no solamente por la alta riqueza de especies sino también por su endemismo, por lo que se recomienda ampliar y profundizar los estudios de campo.
- Para la implementación de una Red de Áreas Naturales Protegidas, de estas proporciones, que involucra todo el territorio a nivel nacional, es de fundamental importancia involucrar a todos los actores posibles como: Ministerio del Ambiente, Gobiernos Provinciales, Gobiernos Municipales, Organizaciones del Sociedad Civil, y principalmente a los pobladores que habitan las zonas que conformarían la RED sobre todo a la comunidades indígenas que habitan allí ancestralmente, con lo que se puede encaminar la gestión de estas Áreas de Conservación con Manejo Participativo, evitando la oposición de sectores poblacionales a la Implementación de la Red.
- La gran extensión de bosques y ecosistemas que están fuera del SNAP, es un justificativo válido para su declaratoria como unidades de conservación que formarían parte de la Red de Áreas naturales Protegidas del Ecuador Continental, en las que se tome en cuenta a los gobiernos locales como son los municipios y juntas parroquiales, encaminando la gestión de estas áreas básicas al manejo participativo.

Bibliografía General

- Albuja, L. & R. Arcos. pp. 7 – 33. Lista de Mamíferos actuales del Ecuador Politécnica 27 (4) Biología 7. 2007.
- Albuja, L. 1999. Murciélagos del Ecuador, 2da edición, Cicetronic Cía. Ltda. Offset.
- Anderson, R.P. and E. Martínez-Meyer. 2004. Modeling species' distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116:167-179.
- Andrade Ángela, Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica, 2007, UICN
- Andrade Ángela, Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico, 2004, UNESCO.
- Andrade, A. Enfoque Ecosistémico y corredores biológicos. In Cracco, M; Guerrero, E. eds. Aplicación del Enfoque Ecosistémico a la Gestión de Corredores en América del Sur. Memorias del Taller Regional, UICN. Quito- Ecuador 2004.
- Angelsen, A; Kaimowitz, D. Repensar las causas de la deforestación: Lecciones de modelos económicos. 1999.
- Asociación Icaro: <http://www.asociacionicaro.org>
- Badii, M. H. y J. Landeros. Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad (Measurement of the landscape fragmentation and its relation with sustainability). *Daena: International Journal of Good Conscience*. 2(1): 26-38. Octubre 2006 –Marzo 2007. ISSN 1870-557X. www.daenajournal.org 26 <http://www.spentamexico.org/pdf>.
- Base de datos TROPICOS, Missouri Botanical Garden.
- Bennett, A. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN, Gland, CH/ Cambridge, 1998.
- Borrini-Feyerabend, Adaptando el método al contexto. Grazia; UICN, 1997.
- Caldecott, J. y Wickremasinghe, W.R.M.S. 2005. Sri Lanka: post-tsunami environmental assessment. Nairobi, Kenya, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Campos, DP. de; Finegan, B. Principios, criterios e indicadores para la evaluación de corredores biológicos y su aplicación: Caso Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. no.38. 2002.
- Cañadas, L. 1983. Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura.
- Cartografía Básica para el Proyecto BID – CONADE “Implementación de un Sistema de Información Ambiental y de una Red de Comunicación Interinstitucional”. Centro de Datos para la Conservación – Fundación Jatun Sacha. 1996
- CBD, Convenio Sobre la Diversidad Biológica, Plan Estratégico de Diversidad Biológica para el período 2011–2020.
- Céspedes Agüero Margarita, 2006, Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).
- Coloma, L. 1992. Anfibios del Ecuador: Estatus poblacional y de conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito
- Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (CNUGGI). 1985. Estándares Internacionales para Levantamientos Geodésicos. USA.
- Constitución Política de la República del Ecuador. 2008.
- Convenio de Diversidad Biológica. (CBD), ONU. 1992.
- Cuesta F., M. Peralvo, A. Ganzenmüller, M. Sáenz, J. Novoa., G. Riofrío y K. Beltrán. 2006. Identificación de Vacíos y Prioridades de Conservación en el Ecuador Continental. Ecociencia, The Nature Conservancy, Quito.
- Dirección Nacional de Biodiversidad, Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Ministerio del Ambiente. 2003. Ponencias del Ministerio del Ambiente para el Fortalecimiento y Consolidación del SNAP presentado al Primer Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Julio. Quito.

- Dodson, C.H. & A. H. Gentry. 1993. Extinción Biológica en el Ecuador occidental. En: Mena, P.A. & L. Suárez (Eds.). 1993. La investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica en el Ecuador. EcoCiencia. Quito.
- E. O. Wilson, E. O. y MacArthur, R. Teoría de la biogeografía de islas, 1960.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 1990. Understanding GIS; The ARC / INFO Method. Redlands, California. USA.
- Farina, A. Los paisajes culturales un modelo para la integración de la ecología y la economía. Bio-science. 2000
- Freile, J. F. y Santander, T. (coordinadores). 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Ecuador. Aves& Conservación (corporación Ornitológica del Ecuador, Bird Life International, Conservación Internacional.
- Fundación Jatun Sacha y World Parks Endowment, 1996. Estudio de Alternativas de Manejo para las Montañas de Mache, Provincia de Esmeraldas, Ecuador.
- Fundación Jatun Sacha, Base de Datos de Fauna del Ecuador, 2013, Quito.
- Fundación Jatun Sacha, Diagnostico Socio-ambiental de Mache Chindul, 2013.
- Game, E. T. y H. S. Grantham. (2008). Manual del Usuario de Marxan: Para la versión Marxan 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, British Columbia, Canadá.
- Gavilanes A. Mauricio R. 1999. Patrones de Biodiversidad en la Mayronga: Un Enclave de Bosque Húmedo Tropical en el Noroccidente Ecuatoriano. Quito
- Gentry A.H. 1.982. Diversity and floristic composition of Andean forest of Perú and Adjacent countries: implications for their conservation in <http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa32.htm>.
- Hannah, L. 2003. Regional biodiversity impact assessments for climate change: a guide for protected area managers. En L.J. Hansen, J.L. Biringer y J.R. Hoffman, eds. Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems, pp. 235–244. Berlín, Alemania, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).
- Hctor, TS. Carr, MH; Zwick, PD. Un sistema de reservas vinculado mediante un enfoque de paisaje regional: la Red Ecológica Florida. Biología de la Conservación. 2000
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 pp.
- Ian Ball y Hugh Possingham, & Edward T. Game y Hedley S. Grantham, Editado por Jeff Ardron, Carissa Klein, Dave Nicolson, Hugh Possingham y Matt Watts, Traducido al español por Milay Cabrales, Versión al español revisada y corregida por José L. Gerhartz, Manual del Usuario de Marxan - Para la version Marxan 1.8.10, 2008, La Universidad de Queensland St. Lucia, Queensland, Australia.
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador, 2011
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional. Quito – Ecuador. INEC.2010
- Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, Vacíos para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador, 2007.
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de valuación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- IPCC, Quinto informe de evaluación del Grupo de Trabajo II del IPCC, 2013, Impactos, adaptación y vulnerabilidad del cambio climático, 2014.
- Jatun Sacha/CDC-Ecuador, Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación En la Cordillera Real Oriental Colombia-Ecuador-Perú, Enero 2003, Quito - Ecuador.
- Juan Bezaury-Creel David Gutiérrez Carbonell, FAO, Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, Conservación de la biodiversidad en México, 2010.

- Kattan, GH. eds. Ecología y conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, 2002.
- Kattan, GH. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. 2002.
- Laurance W., R.O. Bierrengaard, Jr., C. Gascon, R.K. Didham, A.P.Smith, A.J. Lynam, V.M.Viana, T.E.Lovejoy, K.E. Sieving, J.W.Sites, M.Andersen, M.D.Tocher, E.A.Kramer, C.Restrepo y C.Moritz. 1997. Tropical Forest Fragmentation: Síntesis of a Diverse and Dynamic Discipline en Laurence W., R.O. Bierrengaard, Jr. 1997. Tropical Forest Remnants. Ecology.
- Ley Forestal del Ecuador, vigente desde 1981
- Lindsay Canet Desanti, 2007, Herramientas para el Diseño, Gestión y Monitoreo de Corredores Biológicos en Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).
- Low, G. La conservación a escala de Paisaje, Guía para profesionales. 3ra ed. The Nature Conservancy (TNC), Virginia, Estados Unidos. 62p, 2003.
- MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Informe sobre la Deforestación en el Ecuador, Quito, 2012.
- MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Mapa de Ecosistemas. Quito – Ecuador. 2013.
- MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Quito, 2013.
- Magurran, A. 1989. Diversidad Ecológica y su Medición. VEDRA. Barcelona,
- Malczewski, J. SIG y análisis de decisión multicriterio. John Wiley & Sons, Nueva York, Estados Unidos. 1999.
- Mansourian. S, A. Belokurov y P.J. Stephenson, La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático, 2010
- Margules, C. R. & Pressey, R. L, La planificación sistemática de la conservación, Nature International Weekly journal of science, 2000.
- Mas, JF. Evaluación de la eficacia de áreas protegidas usando (amortiguamiento) áreas circundantes ecológicamente similares a la zona de destino. Monitoreo y Evaluación Ambiental. 2005.
- Mcgarigal, K. And McComb, W.C. 1995. Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range. Ecological Monographs 65:235-260.
- Meyers, N. 1986. Mass extinction of species: a great creative challenge. Albright lecture in Conservation. Berkeley.
- Meyers, N. 1987. The extinction spasm impending: synergisms at work. Conserv. Biology 1:14-2.
- Meyers, N. 1988. Threatened biotas “hotspots” in tropical forests. Environmental list 8:1-20.
- Meyers, N., R. A. Mitternmeier, C. G. Mitternmeier, G. A. da Fonseca y J. Kents. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador 2001 – 2010, Quito- Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, 2008. Memorias del Primer Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Ministerio del Ambiente, Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016.
- Morillo I, & et al, Modelo de Gestión para la Reserva Ecológica Mache Chindul, Fundación Jatun Sacha, para el Ministerio del Ambiente del Ecuador – PNUD, Quito, 2013.
- Morillo, I. 2006. Áreas naturales Protegidas y la Red Vial Prehispánica, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, UNESCO.
- Morillo, I. 2008. Zonas prioritarias de conservación en el Ecuador Continental, con alta diversidad y endemidad. Universidad Complutense de Madrid. No publicado.
- Morillo, I, Matamoros. A, Asanza. A, Inca. J. & et al. Editores. Memorias del Primer Congreso De Áreas Naturales Protegidas del Ecuador -2003. Edición 2007.

- Muñoz Jesús, Delgado Tania y García Mateo Rubén, Real Jardín Botánico de Madrid, Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, 2007, "Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador".
- Muñoz Jesús, Delgado Tania y García Rubén Mateo, Real Jardín Botánico de Madrid, Ángel M. Felicísimo y Alicia Gómez-Muñoz de la Universidad de Extremadura, 2007, "Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador".
- Muñoz. J & Delgado. T, Mateo. R, et al, Real Jardín Botánico de Madrid 2007.
- Nature Serve, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, (<http://infonatura.natureserve.org>).
- Nature Serve, Infonatura, Animales y Ecosistemas de América Latina, Registros disponibles de las especies para cada país (<http://infonatura.natureserve.org>).
- Neill, D. A., J. L. Clark, H. Vargas y T. Nuñez. 1999. Botanical exploration of the Mache-Chindul mountains, northwestern Ecuador. Final report To National Geographic Society. Informe no publicado.
- Neill, D., & Ulloa, Carmen. Adición al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, Publicado por Fundación Jatun Sacha, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Missouri Botanical Garden. Quito – Ecuador. 2011
- Palminteri, S & et al, Corredor Biológico San Juan-La Selva, Costa Rica Un proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano para la protección de la lapa verde y su entorno, Centro Científico Tropical, 2005.
- Parker, T. A., III y J. L. Carr (Eds.). 1992. Status of forest remnants in the Cordillera de la Costa and adjacent areas of southwestern Ecuador. Conservation International RAP Working Papers 2: 1-172.
- Pearman, P., A. M. Velasco & A. López. 1995. Tropical Amphibian Monitoring: A comparison of methods for detecting Inter-site variation in species' composition. *Herpetologica* 51(3):325-337
- Plan de Acción de Durban, V Congreso Mundial de Parques, Durban Sud-África, 2003.
- Poiani, & et al, Conservación de la Biodiversidad en múltiples escalas espaciales: sitios funcionales, paisajes y Redes. Bioscience, 2000.
- Possingham, H., I. Ball, and S. Andelman. 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. In: Ferson, S. and M. Burgman (eds) *Quantitative Methods for Conservation Biology*. New York: Springer-Verlag, pp 291-305.
- Pressey, R.L. and A.O. Nicholls. 1989. Efficiency in conservation evaluation: scoring versus iterative approaches. *Biological Conservation* 50:199-218.
- Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas Latinoamericanas. Fondo de cultura económica, México D.F., 1998.
- Proyecto BID – CONADE. 1996. Mapa Base. escala 1:250000. CDC Ecuador.
- Real, R, Estrada, Barbosa A. & et al. Aplicación de la lógica difusa al concepto de rareza para su uso en ga- analysis: el caso de los mamíferos terrestres en Andalucía. Laboratorio de Biogeografía, diversidad y conservación. Departamento de Biología animal. Facultad de Ciencias Universidad de Málaga, España. 2006.
- Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Parques Nacionales, Otras Áreas Protegidas, Flora y Fauna Silvestres Programa FAO/OAPN. Fortalecimiento del manejo sostenible de los recursos naturales en las áreas protegidas de América Latina. Áreas Protegidas y Pueblos Indígenas. Un Estudio de Caso en ECUADOR. Septiembre 2007.
- Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?, Gaceta Ecológica, México (UNAM), 2005, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Sistema de Información Científica.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004) Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB) Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 34 p.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito.

- Sierra, R., F. Campos, and J. Chamberlin. 2002. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning* 59:95-110.
- Simms, A. 2006. Up in smoke? Latin America and the Caribbean: the threat from climate change to the environment and human development. 3rd report, Working Group on Climate Change and Development. Londres, Reino Unido, New economics Foundation.
- Simpson B.B. 1.975. Pleistocene changes in the flora of the high tropical Andes. *Paleobiology* 1: 273-294 en <http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa32.htm>.
- SINAGAP. Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito - Ecuador. 2013.
- Stanfield, BJ; Bliss, JC; Spies. *Ecología del Paisaje*. 2002.
- Stotz, Douglas F., John W. Fitzpatrick, Theodore A. Parker, III, and Debra K. Moskovits. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*, 1996, Universidad de Chicago.
- Terborgh 1971). Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology* 52: 23-40.
- Tirira D. (Ed.). 1999. *Mamíferos del Ecuador*. Museo de Zoología.
- TNC. The Nature Conservancy. Manual de planificación para la conservación de sitios y la medición del éxito en conservación, Volumen I Segunda Edición Junio del 2000.
- Tobler, Waldo, "A Computer Movie Simulation UrbanGrowth in the Detroit Region", *Economic geography*, 46(2), International Geographical Union, Commission on Quantitative Methods, pp. 234-240. 1970.
- UICN, Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza. 2012.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2001). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*.
- UNESCO (2008), <http://portal.unesco.org/education/en/ev>
- Viejo Montesinos José Luis, "Biodiversidad y Paisaje". Universidad Autónoma de Madrid. 1994.
- Vuilleumier F. 1.969. Pleistocene speciation in birds living in the high Andes. *Nature* 223:1179-1180. en <http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa32.htm>.
- Winckell, A.; C. Zebrowski; M. Sourdat. 1997. Los Paisajes Naturales del Ecuador. Las regiones y paisajes del Ecuador. En *Geografía Básica del Ecuador IV*. 2. IPGH – ORSTOM – IGM (Instituto Geográfico Militar).
- Zachar, D. *Soil erosion*. Elsevier Scient. Publ. Co., Amsterdam. 1982.